



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

---

---

Facultad De Estudios Superiores

Cuautitlán

**COMPORTAMIENTO Y EMERGENCIA DEL GORGOJO PINTO DEL FRIJOL,  
*Zabrotes subfasciatus* (Boheman) EXPUESTO A FRIJOL ALMACENADO  
TRATADO CON POLVOS VEGETALES Y MINERALES**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PRESENTA:

VICTOR MIGUEL ZAMORA CRUZ

ASESOR DE TESIS:

DR. SERGIO JIMÉNEZ AMBRIZ



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

U.N.A.M.  
**ASUNTO: VOTO APROBATORIO**  
EXAMENES PROFESIONALES

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
PRESENTE**

**ATN: M. en A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos a comunicar a usted que revisamos **La Tesis:**

**COMPORTAMIENTO Y EMERGENCIA DEL GORGOJO PINTO DE FRIJOL ZABROTOS SUBFASCIATUS (BOHEMAN) EXPUESTO A FRIJOL ALMACENADO TRATADO CON POLVOS VEGETALES Y MINERALES**

Que presenta el pasante: **VÍCTOR MIGUEL ZAMORA CRUZ**  
Con número de cuenta: **40708734-3** para obtener el Título de: **Ingeniero Agrícola**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"**  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 03 de Julio de 2014.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	M.A. Vicente Silva Carrillo	
<b>VOCAL</b>	M.C. Margarita Tadeo Robledo	
<b>SECRETARIO</b>	Dr. Sergio Jiménez Ambriz	
<b>1er SUPLENTE</b>	Ing. Arturo Leodegario Ortiz Cornejo	
<b>2do SUPLENTE</b>	Ing. Ángel Cipriano López Cortés	

NOTA: Los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).  
En caso de que algún miembro del jurado no pueda asistir al examen profesional deberá dar aviso por anticipado al departamento.  
(Art 127 REP)

HHA/Vc

## AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Nacional Autónoma de México** por abrirme sus puertas y haberme formado profesionalmente. Orgullosamente universitario, orgullosamente puma.

A **Dr. Sergio Jiménez Ambriz** por el apoyo incondicional, por sus enseñanzas, sus sabios consejos, su paciencia y dedicación hacia este proyecto. Muchas gracias por su amistad y confianza brindada, por sus grandes aportes hacia mi vida personal y profesional.

A **M. en C. Roberto Guerrero Agama** por ser un ejemplo de vida, por haberme brindado su amistad y confianza. Gracias profe por todos sus aportes hacia mi vida personal y estudiantil.

A mi madre **Ma. del Carmen Cruz Téllez**, gracias por todo tu apoyo, tu confianza, tus desveladas, por haber implementado en mí un gran carácter de cómo afrontar la vida. Gracias por creer en mí y por haberme llevado de la mano hacia el camino del bien, gracias mamá y sabes que saldremos adelante.

A mi padre **Miguel Zamora Barrales**, gracias por haberme enseñado lo bueno de la vida, por los grandes consejos que día a día me das, por sentirte orgulloso de mí, por salir adelante junto conmigo, por haberme inculcado buenos principios y valores. Gracias papá por ser un gran amigo. Nunca olvidare aquella frase "Siempre seré puma".

A mis hermanos **Montserrat Zamora, Alberto Zamora y Jesús Velázquez** por tenerme tanta paciencia, porque nunca dejaron de creer en mí y por salir adelante juntos día a día.

A mis sobrinas **Mely y Nata** y a mi sobrino **Diego** por cada risa robada, por darme tranquilidad y paz en los momentos más difíciles, los amo.

A mi abuela **Rosa Téllez** y a **Martin Mimblera** que siempre me apoyaron en todo momento y por sus sabios consejos.

A mis tíos **José, Catarina, Luz, Fernando, Guadalupe**, gracias por sus aportes y buenos consejos, sus grandes platicas y apoyo incondicional, nunca los olvidare.

A mis grandes amigos y compañeros **Palermo, Oscar, Aníbal, Lulú, Lupita, Edgar, Víctor, Mine, Rubí, Elitania**, gracias por su gran motivación de seguir adelante, por los grandes momentos que vivimos dentro y fuera de las aulas.

A **Anallely Soriano**, gracias flaquita por todas tus grandes aportaciones en mi vida, por tus regaños, consejos, risas, tristezas, por haber pasado grandes momentos conmigo dentro y fuera de las aulas, por haberme levantado cuando más lo necesite, por ser una gran amiga, gracias por todo. Te quiero Anita.

A la UNIGRAS y en especial a **Laurita** y a las profesoras, **Martha, Josefina, Cristi y Gaby**.

A mi **jurado**, por sus valiosas aportaciones hacia este trabajo de tesis.

A todas aquellas personas que me brindaron su amistad, confianza, apoyo, enseñanzas y compañía, gracias a todos.

## ÍNDICE

ÍNDICE.....	I
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE CUADROS.....	VI
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	X
RESUMEN.....	XI
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Justificación .....	2
1.2 Objetivo general.....	2
1.3 Objetivos particulares.....	3
1.4 Hipótesis .....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Importancia del frijol en México.....	4
2.1.1 Taxonomía y morfología .....	6
2.1.1.1 Taxonomía.....	6
2.1.1.2 Morfología del fruto y semilla del frijol .....	7
2.1.2. Volumen de producción nacional y mundial.....	9
2.1.2.1 Producción nacional .....	9
2.1.2.1.1 Estados productores de frijol.....	10
2.1.2.2 Producción mundial .....	11
2.1.3. Importancia alimenticia .....	13
2.1.3.1 Propiedades nutricionales .....	13
2.1.3.2 Componentes anti nutricionales del frijol .....	14
2.1.3.3 Fitoquímicos del frijol.....	15
2.1.4 Causas del deterioro del frijol almacenado .....	16

2.1.4.1 Factores principales de pérdidas de grano almacenado .....	17
2.1.4.1.1 Almacenes inadecuados para el manejo del almacenamiento..	17
2.1.4.1.2 Alto contenido de humedad e impurezas .....	18
a) Humedad .....	18
b) Impurezas .....	19
2.1.4.1.3 Manejo deficiente de granos o semillas y desconocimiento de los principios de conservación .....	20
2.1.4.1.4 Agentes de daño .....	21
2.2 Características generales e importancia de los insectos plaga.....	21
2.2.1. Principales insectos plaga del frijol en el almacén y su importancia económica .....	23
2.2.2. Aspectos generales del gorgojo pinto o mexicano del frijol <i>Zabrotes subfasciatus</i> .....	25
2.2.2.1 Taxonomía.....	25
2.2.2.2 Morfología.....	25
2.2.2.3 Biología y hábitos .....	26
2.2.3. Métodos de control de insectos en frijol almacenado .....	27
2.2.3.1 Control aplicado.....	27
2.2.3.1.1 Control químico .....	28
2.2.3.1.2 Control físico y mecánico .....	29
2.2.3.1.3 Control legal .....	30
2.3. Importancia de plantas y minerales en el control de insectos .....	31
2.4 Uso de dispositivos de libre elección para evaluar el comportamiento de insectos .....	34
III. METODOLOGÍA.....	36
3.1 Ubicación del experimento.....	36

3.2 Material vegetativo .....	36
3.2.1 Determinación de humedad inicial de los granos de frijol .....	36
3.2.2. Prueba de germinación inicial de los granos de frijol .....	36
3.3 Proliferación de <i>Zabrotes subfasciatus</i> .....	37
3.3.1. Determinación de parámetros de <i>Z. subfasciatus</i> para obtener una oviposición adecuada .....	37
3.4 Descripción del dispositivo de doble elección .....	40
3.4.1 Pruebas para evaluar el dispositivo de doble elección .....	41
3.5 Preparación de los polvos vegetales.....	43
3.5.1 Determinación de la máxima concentración de polvo en el grano.....	44
3.6 Desarrollo experimental .....	46
3.6.1. Diseño experimental .....	46
3.6.2. Manejo experimental para la evaluación de los parámetros (número de insectos, huevecillos y emergencia de <i>Z. subfasciatus</i> ) en los diferentes tratamientos ofrecidos en un dispositivo de doble elección.....	47
3.6.3 Manejo experimental para la evaluación de los parámetros de oviposición y emergencia de <i>Z. subfasciatus</i> en exposición forzada.....	51
3.6.4 Manejo experimental para la evaluación del efecto de la aplicación de polvos vegetales y minerales, en la germinación de frijol .....	52
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	54
4.1 Evaluación del efecto de las concentraciones de los polvos de origen vegetal y mineral en el comportamiento, oviposición y emergencia de adultos de <i>Z. subfasciatus</i> en pruebas de doble elección .....	54
4.1.1 Evaluación del efecto del polvo de anona ( <i>Annona</i> sp) e ilama ( <i>Annona diversifolia</i> ).....	54
4.1.2 Evaluación del efecto del polvo de lantana ( <i>Lantana cámara</i> ).....	57
4.1.3 Evaluación del efecto del polvo de boldo ( <i>Peumus boldus</i> ).....	58
4.1.4 Evaluación del efecto del polvo de chícharo ( <i>Pisum sativum</i> ) .....	61

4.1.5 Evaluación del efecto del polvo de orégano ( <i>Origanum vulgare</i> ).....	63
4.1.6 Evaluación del efecto de ceniza .....	66
4.1.7 Evaluación del efecto de caolín .....	69
4.1.8 Evaluación del efecto del polvo de clavo ( <i>Syzygium aromaticum</i> ).....	72
4.1.9 Evaluación del efecto de tierra diatomea .....	76
4.2 Evaluación del efecto de las concentraciones de los polvos de origen vegetal y mineral en la oviposición y emergencia de adultos de <i>Z. subfasciatus</i> en pruebas de exposición forzada .....	79
4.2.1 Evaluación del efecto del polvo de anona ( <i>Annona</i> sp.) .....	79
4.2.2 Evaluación del efecto del polvo de boldo ( <i>Peumus boldus</i> ).....	80
4.2.3 Evaluación del efecto del polvo de ilama ( <i>Annona diversifolia</i> ) .....	80
4.2.4 Evaluación del efecto del polvo de lantana ( <i>Lantana cámara</i> ).....	81
4.2.5 Evaluación del efecto del polvo de chícharo ( <i>Pisum sativum</i> ) .....	81
4.2.6 Evaluación del efecto de caolín .....	82
4.2.7 Evaluación del efecto del polvo de orégano ( <i>Origanum vulgare</i> ).....	83
4.2.8 Evaluación del efecto de ceniza .....	84
4.2.9 Evaluación del efecto del polvo de clavo ( <i>Syzygium aromaticum</i> ).....	84
4.2.10 Evaluación del efecto de tierra diatomea .....	85
4.3 Evaluación del efecto de la máxima concentración de cada polvo de origen vegetal y mineral en la germinación del grano de frijol .....	86
5.CONCLUSIONES.....	87
6.BIBLIOGRAFÍA .....	90

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes del fruto del frijol.....	8
Figura 2. Características de la semilla del frijol. ....	9
Figura 3. Estructuras de fitoquímicos de frijol.....	16
Figura 4. Dispositivo de doble elección. ....	40
Figura 5. Montaje de la prueba del Dispositivo de Doble Elección.....	42
Figura 6. Liberación de insectos en pruebas de doble elección .....	49
Figura 7. Dispositivos cubiertos con plástico negro.....	50
Figura 8. Tratamientos en cámara de cría. ....	50
Figura 9. Grano tratado con insectos. ....	51
Figura 10. Tratamientos en cámara de cría .....	51
Figura 11. Pruebas de germinación con grano tratado. ....	53

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción de frijol en México.....	10
Cuadro 2. Edad, tiempo de exposición y relación ♀:♂, para determinar la oviposición adecuada de <i>Z. subfasciatus</i> .....	38
Cuadro 3. Resultados de edad, tiempo de exposición y relación ♀:♂, para determinar la oviposición adecuada de <i>Z. subfasciatus</i> .....	39
Cuadro 4. Medias del número de insectos en frijol 1 y frijol 2 .....	43
Cuadro 5. Especies vegetales utilizadas para la obtención de los polvos.....	44
Cuadro 6. Concentración máxima de impregnación de polvos vegetales y minerales en grano de frijol. ....	45
Cuadro 7. Concentraciones de polvos de los diferentes productos ofrecidos en las pruebas de doble elección expresadas en ppm y %. ....	47
Cuadro 8. Unidad experimental para tratamientos con polvos vegetales y minerales en frijol, en dispositivo de doble elección.....	48
Cuadro 9. Valores promedio del número de insectos presentes en grano tratado, control y afuera de los tratamientos; y oviposición de <i>Z. subfasciatus</i> en frijol control y tratado con diferentes concentraciones de polvo de anona.....	55
Cuadro 10. Valores promedio del número de insectos presentes en grano tratado, control y afuera de los tratamientos; y oviposición de <i>Z. subfasciatus</i> en frijol control y tratado con diferentes concentraciones de polvo de ilama .....	55
Cuadro 11. Valores promedio del número de huevecillos (oviposición) y emergencia de <i>Z. subfasciatus</i> en frijol control y frijol tratado con diferentes concentraciones de polvo de anona.....	56
Cuadro 12. Valores promedio del número de huevecillos (oviposición) y emergencia de <i>Z. subfasciatus</i> en frijol control y frijol tratado con diferentes concentraciones de polvo de ilama .....	56
Cuadro 13. Valores promedio del número de insectos presentes en grano tratado, control y afuera de los tratamientos; y oviposición de <i>Z. subfasciatus</i> en frijol control y tratado con diferentes concentraciones de polvo de lantana .....	57

Cuadro 14. Valores promedio del número de huevecillos (oviposición) y emergencia de <i>Z. subfasciatus</i> en frijol control y frijol tratado con diferentes concentraciones de polvo de lantana .....	58
Cuadro 15. Valores promedio del número de insectos presentes en grano tratado, control y afuera de los tratamientos; y oviposición de <i>Z. subfasciatus</i> en frijol control y tratado con diferentes concentraciones de polvo de boldo .....	59
Cuadro 16. Valores promedio del número de huevecillos (oviposición) y emergencia de <i>Z. subfasciatus</i> en frijol control y frijol tratado con diferentes concentraciones de polvo de boldo .....	61
Cuadro 17. Valores promedio del número de insectos presentes en grano tratado, control y afuera de los tratamientos; y oviposición de <i>Z. subfasciatus</i> en frijol control y tratado con diferentes concentraciones de polvo de chícharo .....	62
Cuadro 18. Valores promedio del número de huevecillos (oviposición) y emergencia de <i>Z. subfasciatus</i> en frijol control y frijol tratado con diferentes concentraciones de polvo de chicharo .....	63
Cuadro 19. Valores promedio del número de insectos presentes en grano tratado, control y afuera de los tratamientos; y oviposición de <i>Z. subfasciatus</i> en frijol control y tratado con diferentes concentraciones de polvo de orégano.....	64
Cuadro 20. Valores promedio del número de huevecillos (oviposición) y emergencia de <i>Z. subfasciatus</i> en frijol control y frijol tratado con diferentes concentraciones de polvo de orégano.....	66
Cuadro 21. Valores promedio del número de insectos presentes en grano tratado, control y afuera de los tratamientos; y oviposición de <i>Z. subfasciatus</i> en frijol control y tratado con diferentes concentraciones de polvo de Ceniza.....	67
Cuadro 22. Valores promedio del número de huevecillos (oviposición) y emergencia de <i>Z. subfasciatus</i> en frijol control y frijol tratado con diferentes concentraciones de polvo de ceniza .....	69
Cuadro 23. Valores promedio del número de insectos presentes en grano tratado, control y afuera de los tratamientos; y oviposición de <i>Z. subfasciatus</i> en frijol control y tratado con diferentes concentraciones de polvo de caolín .....	70
Cuadro 24. Valores promedio del número de huevecillos (oviposición) y emergencia de <i>Z. subfasciatus</i> en frijol control y frijol tratado con diferentes concentraciones de polvo de caolín .....	72

Cuadro 25. Valores promedio del número de insectos presentes en grano tratado, control y afuera de los tratamientos; y oviposición de <i>Z. subfasciatus</i> en frijol control y tratado con diferentes concentraciones de polvo de clavo .....	73
Cuadro 26. Valores promedio del número de huevecillos (oviposición) y emergencia de <i>Z. subfasciatus</i> en frijol control y frijol tratado con diferentes concentraciones de polvo de clavo .....	75
Cuadro 27. Valores promedio del número de insectos presentes en grano tratado, control y afuera de los tratamientos; y oviposición de <i>Z. subfasciatus</i> en frijol control y tratado con diferentes concentraciones de polvo de tierra diatomea .....	76
Cuadro 28. Valores promedio del número de huevecillos (oviposición) y emergencia de <i>Z. subfasciatus</i> en frijol control y frijol tratado con diferentes concentraciones de polvo de tierra diatomea .....	78
Cuadro 29. Medias de oviposición y emergencia en testigo y grano tratado con anona .....	79
Cuadro 30. Medias de oviposición y emergencia en testigo y grano tratado con boldo .....	80
Cuadro 31. Medias de oviposición y emergencia en testigo y grano tratado con ilama.....	81
Cuadro 32. Medias de oviposición y emergencia en testigo y grano tratado con lantana .....	81
Cuadro 33. Medias de oviposición y emergencia en testigo y grano tratado con chícharo .....	82
Cuadro 34. Medias de oviposición y emergencia en testigo y grano tratado con caolín.....	83
Cuadro 35. Medias de oviposición y emergencia en testigo y grano tratado con orégano .....	83
Cuadro 36. Medias de oviposición y emergencia en testigo y grano tratado con ceniza.....	84
Cuadro 37. Medias de oviposición y emergencia en testigo y grano tratado con clavo.....	85

Cuadro 38. Medias de oviposición y emergencia en testigo y grano tratado con tierra diatomea .....	85
Cuadro 39. Medias de germinación en testigo y semilla tratada con cada polvo vegetal y mineral.....	87

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Promedio del número de insectos presentes en los tratamientos para cada concentración de boldo.....	60
Gráfica 2. Promedio del número de insectos presentes en los tratamientos para cada concentración de chícharo.....	62
Gráfica 3. Promedio del número de insectos presentes en los tratamientos para cada concentración de orégano .....	65
Gráfica 4. Promedio de la oviposición en testigo y grano tratado con cada concentración de orégano.....	65
Gráfica 5. Promedio del número de insectos presentes en los tratamientos para cada concentración de ceniza.....	67
Gráfica 6. Promedio de la oviposición en testigo y grano tratado con cada concentración de ceniza.....	68
Gráfica 7. Promedio del número de insectos presentes en los tratamientos para cada concentración de caolín.....	70
Gráfica 8. Promedio de la oviposición en testigo y grano tratado con cada concentración de caolín .....	71
Gráfica 9. Promedio del número de insectos presentes en los tratamientos para cada concentración de clavo.....	74
Gráfica 10. Promedio de la oviposición en testigo y grano tratado con cada concentración de clavo.....	74
Gráfica 11. Promedio de la oviposición y emergencia en control de cada concentración de clavo.....	75
Gráfica 12. Promedio del número de insectos presentes en los tratamientos para cada concentración de tierra diatomea .....	77
Gráfica 13. Promedio de la oviposición en testigo y grano tratado con cada concentración de tierra diatomea .....	77

## RESUMEN

Se evaluaron bajo condiciones de laboratorio, 7 polvos vegetales y 3 polvos minerales aplicados a frijol para determinar sus efectos en los parámetros de comportamiento, oviposición y emergencia del gorgojo pinto o mexicano del frijol *Zabrotes subfasciatus* en pruebas de doble elección, así como en la oviposición y emergencia en pruebas de exposición forzada. El dispositivo utilizado para la prueba de doble elección fue evaluado previo al desarrollo de los bioensayos de preferencia. Se ofrecieron por separado frijol bayo tratado con diferentes concentraciones de cada uno de los polvos con sus respectivos controles a los gorgojos adultos. En la prueba de exposición forzada se ofreció por separado, frijol bayo tratado con las diferentes concentraciones de cada producto y un testigo. Los datos de los parámetros evaluados en los bioensayos de doble elección y exposición forzada fueron registrados después de un periodo de 24 hrs de exposición. Para las pruebas de doble elección, los polvos de anona, ilama, boldo y lantana no mostraron efecto sobre el comportamiento al no haber tendencia clara de atracción ni de repelencia, ni efecto sobre la oviposición y emergencia entre las concentraciones probadas, así como entre las concentraciones y sus respectivos testigos; a su vez los polvos de chícharo, orégano, ceniza, caolín y tierra diatomea presentaron efectos repelentes en el grano tratado en las concentraciones más altas. La tierra diatomea en su concentración más alta ocasionó 100% de mortalidad de los insectos. La oviposición en grano tratado con las distintas concentraciones de polvo de clavo fue nula; aunque se presentó oviposición en los controles, la emergencia de los insectos fue afectada al 100%, así como en las concentraciones más altas de clavo se presentó 100% de mortalidad. Para las pruebas de exposición forzada, los polvos de anona, boldo, ilama, lantana y chícharo, en todas sus concentraciones, no mostraron efecto alguno en la oviposición ni en la emergencia del insecto con respecto al testigo. En cuanto a los polvos de caolín ceniza, clavo, orégano y tierra diatomea afectaron la oviposición, la cual disminuyó a medida que la concentración aumentó. En los polvos de ceniza, clavo y tierra diatomea en sus concentraciones más altas

causaron 100% de mortalidad. La germinación de los granos de frijol no fue afectada por las concentraciones más altas de los polvos de los productos evaluados.

## I. INTRODUCCIÓN

El frijol, *Phaseolus vulgaris* L. es una de las leguminosas de mayor importancia en nuestro país, ya que forma parte de nuestra gastronomía desde tiempos prehispánicos. En México el frijol representa la segunda fuente de proteína, siendo éste la leguminosa de mayor importancia de consumo en la dieta del mexicano (Valencia-Cataño, 2006).

Durante la etapa de postcosecha de frijol se pierde aproximadamente el 0.57% en la recolección y el 0.98% en el desgrane y durante el almacenamiento se calculan pérdidas de hasta 23% de la producción total en América Latina. Estas pérdidas son ocasionadas principalmente por plagas de almacén, las cuales dañan al grano considerablemente, demeritando así la calidad alimenticia, el valor monetario y la germinación del mismo. Entre las especies de mayor importancia económica generadoras de dicho problema se destaca al gorgojo pinto o mexicano del frijol, *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (López *et al.*, 2007). Las pérdidas ocasionadas por dicha especie en frijol almacenado se estiman en un 30 a 40% para productores que no cuentan con recursos económicos para un adecuado almacenamiento (García, 2007).

Para controlar esta plaga ha sido necesario utilizar en forma intensiva plaguicidas sintéticos, los cuales han ocasionado acumulación en el ambiente, problemas en la salud y tolerancia por parte de los insectos hacia estos productos. Además por el costo que implica su adquisición y aplicación de estos productos, los pequeños productores no utilizan productos químicos por falta de recursos económicos y por los bajos rendimientos que obtienen en la agricultura de subsistencia, lo que ha obligado a buscar métodos de control de plagas acorde a las necesidades de los pequeños productores.

Se ha estimulado la búsqueda de alternativas con métodos menos agresivos con el ambiente y la salud. Se ha estudiado el uso de plantas y minerales como insecticidas (Rodríguez, 2001; Iturralde-García, 2010) siendo una alternativa económica y ecológicamente factible; sin embargo, muy poca investigación se ha

desarrollado sobre el efecto de las plantas que puedan modificar el patrón del comportamiento en términos de la atracción o repelencia y en los procesos de oviposición (Metcalf, 1994).

De este modo, el propósito de este trabajo consistió en evaluar el efecto de distintos polvos vegetales y minerales en el comportamiento y emergencia de *Z. subfasciatus* en pruebas de doble elección y exposición forzada bajo condiciones de laboratorio.

### **1.1 Justificación**

Muchos de los trabajos que se han realizado utilizando polvos de origen vegetal y mineral, se han enfocado a evaluar sus efectos insecticidas sobre diferentes plagas. Sin embargo, muy poca investigación se ha encaminado a evaluar el efecto de estos productos en el comportamiento de los insectos plaga. De tal forma que el presente trabajo está enfocado a estudiar el efecto de productos de origen vegetal y mineral en el comportamiento a través de pruebas de doble elección en un dispositivo, en el cual se ofrecen simultáneamente tratamientos diferentes y poder determinar el comportamiento de preferencia o rechazo de *Z. subfasciatus*, y en pruebas de exposición forzada, en la cual se evalúan los parámetros de oviposición y emergencia en las diferentes concentraciones por separado de cada producto bajo estudio.

### **1.2 Objetivo general**

Determinar el efecto de polvos de origen vegetal y mineral en el comportamiento, oviposición y emergencia del gorgojo pinto del frijol *Zabrotes subfasciatus* y en la germinación del grano de frijol.

### 1.3 Objetivos particulares

1. Determinar el funcionamiento de un dispositivo de doble elección con la finalidad de estudiar la respuesta de *Z. subfasciatus* a frijol bayo sin tratar y tratado con polvos vegetales y minerales. .
2. Evaluar el efecto de cuatro concentraciones de siete polvos de origen vegetal y tres de origen mineral, en el comportamiento y oviposición de *Z. subfasciatus*, en pruebas de doble elección y en pruebas de exposición forzada.
3. Analizar el efecto en la germinación de semilla de frijol, por la presencia de los polvos de origen vegetal y de origen mineral, utilizados para el control de *Z. subfasciatus*.

### 1.4 Hipótesis

Durante su evolución las plantas han desarrollado diversos mecanismos de protección como la repelencia y la acción insecticida que les permiten sobrevivir al ataque de enemigos fitófagos, así como mecanismos de atracción, los cuales les permiten su sobrevivencia y reproducción en la naturaleza. Por lo tanto alguno de los polvos vegetales y minerales utilizados en este trabajo pueden tener el potencial de ejercer respuestas repelentes o atrayentes al gorgojo pinto o mexicano del frijol *Zabrotes subfasciatus*.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Importancia del frijol en México

En México el cultivo del frijol juega un papel muy importante en la economía agrícola, tanto por la superficie que se destina para su producción, como la derrama económica que genera. Esta leguminosa se ha cultivado desde hace aproximadamente ocho mil años considerando a México como uno de los centros de origen de diversos tipos de frijol, siendo *Phaseolus vulgaris* la especie más importante (FIRA, 2011).

La importancia ancestral del frijol en el campo mexicano radica en que forma parte de la gastronomía del país, teniendo una amplia aceptación y demanda en la cocina mexicana (FIRA, 2011).

El frijol es una de las leguminosas más estudiadas en nuestro país, ya que es un alimento característico de nuestra gastronomía y por ser consumido desde tiempos prehispánicos. Actualmente el frijol es la segunda fuente de proteína y además proporciona otros nutrimentos como minerales, vitaminas del complejo B, ácidos grasos poliinsaturados, carbohidratos y fibra dietaria (Valencia-Cataño, 2006). Una de las principales características del frijol en México es que se complementa perfectamente con el maíz, teniendo como consecuencia una dieta balanceada para quien lo consume, ya que los aminoácidos que no existen en el frijol se encuentran en el maíz y viceversa (Guzmán-Maldonado y Paredes-López, 1999). En México el frijol y el maíz se consideran los productos de mayor consumo e importancia socioeconómica tanto por la superficie de siembra como por el consumo *per cápita* (Guzmán-Maldonado y Paredes-López, 1999).

En México existen cerca de 100 variedades de frijol, las cuales se distribuyen en 7 grupos: negros, amarillos, blancos, morados, bayos, pintos y moteados. (FIRA, 2011).

Las variedades de preferencia del consumidor del frijol son: azufrado, mayocoba, negro jamapa, peruano, flor de mayo, flor de junio, garbancillo, manzano, negro San Luis, negro Querétaro y pinto. Los de menor preferencia son alubia blanca, bayo blanco, negro Zacatecas, ojo de cabra y bayo berrendo (FIRA, 2011).

Las variedades amarillas cultivadas generalmente en Sinaloa, se consumen en la zona norte del país mientras que gran parte del frijol negro que se cultiva en Nayarit y Zacatecas, se consumen en las zonas centro y sur del país (FIRA, 2011).

Por su importancia económica y social, el frijol es un producto estratégico dentro del desarrollo rural del país, ya que ocupa el segundo lugar en cuanto a la superficie sembrada nacional y representa además la segunda actividad agrícola más importante en México por el número de productores dedicados al cultivo, siendo así un gran generador de empleos, sobresaliendo en la economía del sector rural (SIAP-SAGARPA, 2011).

El frijol es un alimento fundamental para la población mexicana, principalmente para las clases más desprotegidas del país, proporcionando la fuente principal de proteínas y calorías de menor costo para este sector, siendo insustituible el consumo de frijol por otro producto (FIRA, 2011).

Actualmente, la leguminosa se enfrenta a modificaciones importantes ante una sociedad cambiante, incluidos los cambios en hábitos alimenticios a consecuencia del urbanismo, la migración y el empleo, así como el paso de una economía cerrada a una economía global, lo cual ejerce presiones en diversas etapas de la cadena de producción, comercialización, transformación y consumo (SIAP-SAGARPA, 2011).

Con la liberación del precio y la apertura de las fronteras a la importación de este producto, la comercialización se ha convertido en el principal problema, ya que a

pesar de que el país sigue siendo deficitario, eventualmente el mercado se satura con producto importado que desplaza a la producción nacional, especialmente a la de Sinaloa, donde se producen principalmente variedades de tipo amarillo y cuyo mercado se ha venido reduciendo en los últimos años (COVECA, 2011).

En consecuencia, la rentabilidad del cultivo dependerá en lo sucesivo de la planeación de las siembras, la diversificación de los tipos de variedades y la pureza del material que se ofrezca al consumidor, cada vez más exigente (COVECA, 2011).

Aunado a toda esta problemática, es importante considerar la pérdida de esta leguminosa en las distintas etapas del proceso productivo, en postcosecha, enfatizando las pérdidas que sufre ésta durante su almacenamiento.

Si bien es cierto que el frijol tiene una serie de problemas que parecen no tener fin, es considerado como una de las especies de leguminosas más importante en México, el cual se seguirá cultivando y será consumido a lo largo de los años en nuestro país (FIRA, 2011).

## **2.1.1 Taxonomía y morfología**

### **2.1.1.1 Taxonomía**

El frijol es una planta perteneciente a la familia Leguminosae o Fabaceae, siendo la especie *Phaseolus vulgaris* la más importante en cuanto al consumo y a la economía que genera en nuestro país. De acuerdo a Linneo (1753) la clasificación de esta especie se muestra a continuación:

Reino: Plantae

Subreino: Embriobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae o Leguminosae

Subfamilia: Papilionoideae

Género: *Phaseolus*

Especie: *Phaseolus vulgaris*.

El género *Phaseolus* incluye aproximadamente 35 especies, de las cuales 4 se cultivan. Las especies cultivables son: *Phaseolus vulgaris* L., *P. lunatus* L., *P. coccineus* L. y *P. acutifolius* A. (COVECA, 2011).

#### **2.1.1.2 Morfología del fruto y semilla del frijol**

**Fruto:** El fruto es una vaina con dos valvas, las cuales provienen del ovario comprimido. Dos suturas aparecen en la unión de las valvas: la sutura dorsal, llamada placentar, y la sutura ventral. Los óvulos, que son las futuras semillas, alternan en la sutura placentar (Figura 1) (Arias *et al*, 2007).

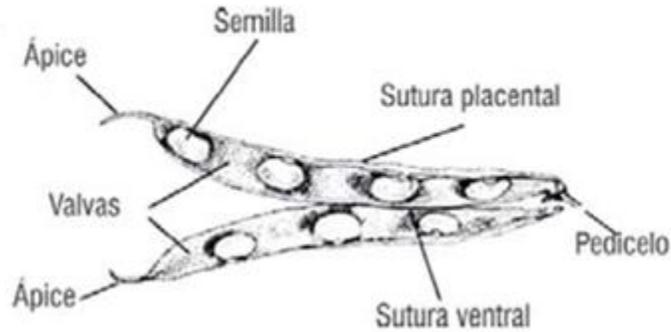


Figura 1. Componentes del fruto del frijol.  
(Arias, Martínez & Carmona, 2007)

**Semilla:** La semilla de frijol no posee albumen, por tanto las reservas nutritivas se concentran en los cotiledones.

Las partes externas más importantes de la semilla son:

- La testa o cubierta, que corresponde a la capa secundaria del óvulo.
- El hilum, que conecta la semilla con la placenta.
- El micrópilo, que es una abertura en la cubierta cerca del hilum. A través de esta abertura se realiza la absorción del agua.
- El rafe, proviene de la soldadura del funículo con los tegumentos externos de óvulo.

Internamente, la semilla está constituida por el embrión, el cual está formado por la plúmula, las dos hojas primarias, el hipocótilo, los dos cotiledones y la radícula (Figura 2) (Arias *et al*, 2007).

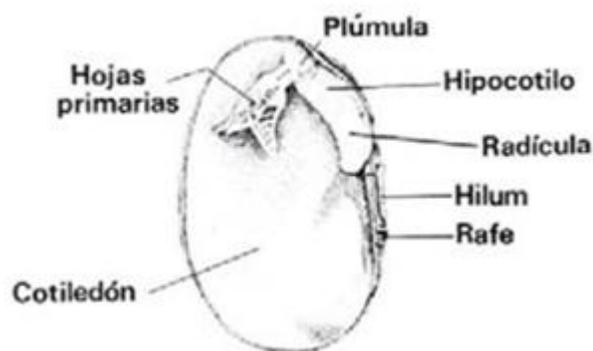


Figura 2. Características de la semilla del frijol.  
(Arias, Martínez & Carmona, 2007)

La cutícula del grano tiene una amplia variación de colores (blanco, crema, rojo, amarillo, café, morado), de forma y brillo. La combinación de colores también es muy frecuente. Esta gran variabilidad de los caracteres externos del grano se tiene en cuenta para la clasificación de las variedades y clases comerciales del frijol.

## **2.1.2. Volumen de producción nacional y mundial**

### **2.1.2.1 Producción nacional**

La producción de frijol ha variado en los últimos 10 años; por ejemplo mientras que en el año 2002 se obtuvieron 1.5 millones de toneladas, en el 2005 el volumen se redujo 47%, a 827 mil toneladas (FIRA, 2011).

La superficie sembrada ha sido más constante con una ligera tendencia a la baja, mientras que del año 2000 al 2005 se sembraron un promedio de 1.96 millones de hectáreas por año, del 2006 al 2010 se sembraron un promedio de 1.74 millones de hectáreas (FIRA, 2011).

De los años 2006 al 2010, la superficie anual promedio fue de 1.74 millones de hectáreas por año. Al igual que la producción, los rendimientos también presentan mucha variación. En 2000 los rendimientos en riego fueron aproximadamente una tonelada superior a los obtenidos en temporal (1.43 y 0.44 toneladas por hectárea respectivamente). Para 2010 los rendimientos en riego fueron 1.63 toneladas por hectárea y en temporal 0.70 toneladas (Cuadro 1) (FIRA, 2011).

**Cuadro 1. Producción de frijol en México**

Año	Producción <sup>1</sup>	Superficie <sup>2</sup>		Rendimiento <sup>3</sup>			Precio medio rural <sup>4</sup>	Valor prod <sup>5</sup>
		Sembr.	Cosech.	Riego (R)	Temp. (T)	R+T		
2000	888	2.12	1.50	1.43	0.44	0.59	5,224	4,638
2001	1,063	1.95	1.70	1.51	0.51	0.63	6,248	6,639
2002	1,549	2.23	2.05	1.66	0.60	0.75	5,729	8,875
2003	1,415	2.04	1.90	1.48	0.61	0.74	5,077	7,184
2004	1,163	1.82	1.68	1.50	0.60	0.69	5,727	6,663
2005	827	1.75	1.26	1.58	0.47	0.66	6,903	5,708
2006	1,386	1.81	1.72	1.59	0.68	0.80	6,301	8,733
2007	994	1.69	1.49	1.70	0.52	0.67	6,984	6,942
2008	1,111	1.63	1.50	1.66	0.61	0.74	9,162	10,179
2009	1,041	1.68	1.21	1.63	0.70	0.86	12,039	12,537
2010*	1,150	1.88	1.62	n.d	n.d	0.71	n.d	n.d

<sup>1</sup>Miles de ton. <sup>2</sup>Millones de hectáreas <sup>3</sup>Ton/Ha <sup>4</sup>Pesos por tonelada <sup>5</sup>Millones de pesos \*Cifras preliminares. Fuente: SIAP – SAGARPA.

El precio en el medio rural aumentó más de dos veces entre 2000 y 2010. El crecimiento real en dicho periodo fue de 55%, con una tasa media anual de crecimiento (TMAC) de 4.5%. No obstante, fue en 2009 cuando se registró la mayor variación anual, de 26.9% (FIRA, 2011).

#### 2.1.2.1.1 Estados productores de frijol

El estado de Zacatecas es la principal entidad productora de frijol, con una participación de 25%, seguida de Sinaloa con el 16%, Durango con 13%,

Chihuahua con 11% y Nayarit con 7%. Estas entidades ubicadas en el nortoccidente del país generan un volumen de producción de 760 mil toneladas de frijol. Chiapas es la única entidad del suroeste del país con una importante participación, de 7% (FIRA, 2011).

En nuestro país se cultivan principalmente las variedades claras y negras, las primeras ocupan el 67% de la producción y las segundas el 30%. El restante 3% se refiere a otras variedades (FIRA, 2011).

Los principales estados productores de frijol claro son Sinaloa con el 23%, Zacatecas con el 22%, Chihuahua con el 17% y Durango con el 15%. Estas cuatro entidades suman 541.5 mil toneladas lo que representa el 77% de la producción de frijol claro (FIRA, 2011).

Zacatecas produce más de la tercera parte del volumen de frijol negro. En segundo lugar se encuentra Chiapas con el 17%, Nayarit con el 13%, Oaxaca con el 7%, Durango con el 6.8% y Veracruz con el 6% (FIRA, 2011).

El 28% de la producción de frijol es de la variedad Pinto nacional (claro) la cual se cultiva principalmente en Chihuahua y Durango. La segunda variedad más importante es el frijol Negro San Luis, que representa el 10% del total y que se cultiva principalmente en su totalidad en Zacatecas (FIRA, 2011).

#### **2.1.2.2 Producción mundial**

En 2008 los principales países productores fueron Brasil (que generó el 17% de la producción mundial), India (15%), Myanmar (11%), China (8%), Estados Unidos (6%) y México (6%). Los seis países concentraron el 56% de toda la producción en dicho año, sin embargo su participación cambió respecto a 1990 cuando generaron el 63% (FIRA, 2011).

La producción mundial de frijol aumentó 17% entre 1990 y 2008 al pasar de 17 a 23 millones de toneladas. Este crecimiento se debió a una mayor participación de países con pequeños volúmenes de producción (FIRA, 2011).

El volumen total de exportaciones de frijol en el mundo asciende a 3.3 millones de toneladas lo que representa el 14.4 % de la producción. El 78% de las exportaciones provienen de cinco países: China (29%), Myanmar (20%), Estados Unidos (13%), Canadá (9%) y Argentina (7%). México, Brasil e India que figuran entre los principales productores, están ubicados respectivamente en las posiciones 19, 45 y 58 en la lista de mayores exportadores (FIRA, 2011).

En cuanto a la demanda, India es el mercado más atractivo debido no sólo a que es el mayor importador de la leguminosa, compra el 19% de todo el volumen comercializado en el mundo, sino que además la tasa media de crecimiento anual (TMCA) de sus importaciones entre 2000 y 2008 fue de 16%. Otros mercados atractivos son Brasil, Estados Unidos y China cuyas participaciones en las importaciones totales son de 7%, 5% y 3% respectivamente, y crecen a una TMCA de alrededor del 5% (FIRA, 2011).

Estados Unidos es el origen del 91.84% de las importaciones y el destino del 98.5% de las exportaciones de frijol mexicano. A pesar de que esta situación se justifica en parte debido a que el país del norte es uno de los mercados más atractivos, no se debe de perder de vista que El Salvador, República Dominicana y Costa Rica en los últimos años han estado importando cada vez más frijol, por lo que constituyen buenas opciones para diversificar las exportaciones de frijol (FIRA, 2011).

### **2.1.3. Importancia alimenticia**

Dentro del grupo de las leguminosas que poseen semillas comestibles, el frijol común corresponde a una de las más importantes. Actualmente se encuentra distribuido en los cinco continentes y es un componente esencial en la dieta en Centroamérica y Sudamérica (Ulloa *et al*, 2011).

#### **2.1.3.1 Propiedades nutricionales**

Las propiedades nutritivas que posee el frijol están relacionadas con su alto contenido proteico, carbohidratos, vitaminas y minerales (Ulloa *et al*, 2011).

Dependiendo del tipo de frijol, el contenido de proteína varía del 14 al 33%, siendo rico en aminoácidos como la lisina (6.4 a 7.6 g/100 g de proteína) y la fenilalanina más tirosina (5.3 a 8.2 g/100 g de proteína), pero con deficiencias en los aminoácidos azufrados de metionina y cisteína. Sin embargo, de acuerdo a evaluaciones de tipo biológico, la calidad de la proteína del frijol cocido puede llegar a ser de hasta el 70% comparada con una proteína de origen animal a la que se le asigna el 100% (Ulloa *et al*, 2011).

Con relación a la aportación de carbohidratos, 100 g de frijol crudo aportan de 52 a 76 g dependiendo de la variedad, cuya fracción más importante la constituye el almidón (Ulloa *et al*, 2011).

Dentro de los macro nutrientes del frijol, la fracción correspondiente a los lípidos es la más pequeña (1.5 a 6.2 g/100 g), constituida por una mezcla de acilglicéridos cuyos ácidos grasos predominantes son los mono y poliinsaturados (Ulloa *et al*, 2011).

El frijol también es buena fuente de fibra cuyo valor varia de 14 a 19 g/100 g del alimento crudo, del cual hasta la mitad puede ser de la forma soluble. Los principales componentes químicos de la fibra en el frijol son las pectinas, pentosanos, hemicelulosa, celulosa y lignina. Además, este alimento es una fuente considerable de calcio, hierro, fosforo, magnesio y zinc y de las vitaminas tiamina, niacina y ácido fólico (Ulloa *et al*, 2011).

### **2.1.3.2 Componentes anti nutricionales del frijol**

De las principales sustancias químicas que interfieren con el aprovechamiento de los nutrientes del frijol destacan los inhibidores de tripsina, los taninos, las lectinas y el ácido fítico. Los inhibidores de tripsina son considerados como inhibidores proteolíticos y pueden provocar retardo en el crecimiento e hipertrofia pancreática (Ulloa *et al*, 2011).

Respecto a los taninos, además de disminuir la digestibilidad de proteína, limitan la disponibilidad de minerales como el hierro y el zinc, mientras que ácido fítico también afecta la asimilación de zinc (Ulloa *et al*, 2011).

Otros componentes que se consideran indeseables en el frijol son ciertos oligosacáridos como la rafinosa, estaquiosa y verbascosa, los cuales no son hidrolizados en la primera etapa de la digestión y terminan fermentados en ácidos grasos de cadena corta y gas en el colon, lo que provoca problemas de flatulencia (Ulloa *et al*, 2011).

Afortunadamente, las técnicas culinarias de preparación de frijol para su consumo, como los son el remojo y la cocción, eliminan o disminuyen radicalmente la presencia de dichos factores anti nutricionales (Ulloa *et al*, 2011).

### 2.1.3.3 Fitoquímicos del frijol

A los componentes fisiológicos activos de ciertos alimentos denominados nutraceuticos o funcionales se les conoce con el término fitoquímico. A su vez, un alimento nutraceutico o funcional es aquel que por sus componentes fisiológicos activos, proporciona beneficios más allá de la nutrición básica y puede prevenir enfermedades o promover la salud. Algunos de los fitoquímicos actualmente reconocidos en el frijol son: fibra, polifenoles, acido fitico, taninos inhibidores de tripsina y lectinas (Ulloa *et al*, 2011).

El papel que juega la fibra de frijol como fitoquímico es por su efecto hipocolesterolémico, es decir, disminuye hasta un 10% el colesterol en la sangre. La fermentación en el colon de la fibra soluble y el almidón que generan ácidos grasos de cadena corta, provoca la disminución de la síntesis hepática del colesterol (Ulloa *et al*, 2011).

Los inhibidores de tripsina confieren protección contra rotavirus, inhiben la carcinogénesis y pueden ser utilizados como agentes quimiprotectores, es decir, para proteger al organismo contra efectos secundarios de tratamientos de ciertas enfermedades (Ulloa *et al*, 2011).

Por otro lado, las lectinas del frijol se utilizan como marcadores de tumores al identificar células que se encuentran en las primeras etapas de diferenciación a células cancerosas (Ulloa *et al*, 2011).

Respecto al acido fitico se ha demostrado que reduce el riesgo de contraer cáncer, principalmente de colon y seno. Por su parte los taninos, sustancias muy astringentes y de sabor amargo, funcionan como antioxidantes y anticancerígenos (figura 3) (Ulloa *et al*, 2011).

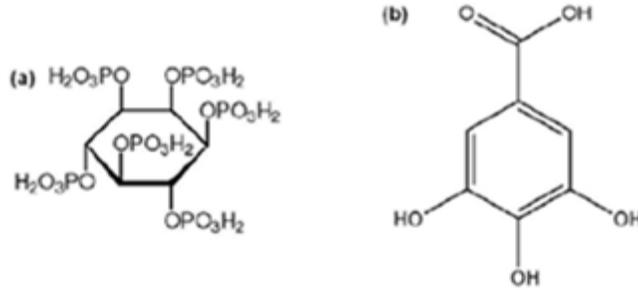


Figura 3. Estructuras de fitoquímicos de frijol. a) Ácido fítico, b) Taninos (ácido gálico).  
(Ulloa, Rosas, Ramírez & Rangel, 2011)

#### 2.1.4 Causas del deterioro del frijol almacenado

Las causas de pérdidas de frijol son ocasionadas principalmente por plagas de almacén al perforar el grano, tal es el caso de los insectos, donde pasan sus primeras etapas de vida. Las especies de insectos más destacadas en la problemática de pérdidas de frijol almacenado son: el gorgojo pinto o mexicano del frijol *Zabrotes subfasciatus* y el gorgojo pardo del frijol *Acanthoscelides obtectus*. La conservación adecuada de los granos y las semillas en cualquier localidad del mundo, depende esencialmente de la ecología de la región considerada, bodega o almacén disponible, del tipo y condición del grano o semilla por almacenar, de la duración del almacenamiento y de las tecnologías utilizadas para su manejo postcosecha (Valencia-Cataño, 2006).

El principio de un buen almacenamiento y conservación de granos y semillas es el empleo de bodegas secas, limpias y libres de plagas, donde se almacenen granos o semillas sanas secas y enteras, sin impurezas. Independientemente del tipo de

almacén o de recipiente que se utilice, el producto almacenado debe mantenerse fresco, seco y protegido de insectos, pájaros, hongos y roedores (García, 2007).

#### **2.1.4.1 Factores principales de pérdidas de los granos almacenados**

Cualquiera que sea la causa y el monto de las pérdidas que sufren los granos y sus productos almacenados, recaen, casi siempre, sobre las personas que los producen, es decir, principalmente sobre el agricultor. Debido a los problemas de mal almacenamiento, muchos productores no pueden guardar el grano con seguridad por largos períodos de tiempo, por lo que se ven forzados a vender el grano inmediatamente después de ser cosechado (D'Antonio, 1997).

Se considera que los principales factores que determinan y acentúan las pérdidas de los granos que se almacenan en la mayoría de las áreas del mundo, son los siguientes:

1. Almacenes inadecuados para el manejo del almacenamiento.
2. El alto contenido de humedad e impurezas del grano en el momento de almacenarlo.
3. El manejo deficiente de granos o semillas y desconocimiento de los principios de conservación.
4. Agentes de daño.

##### **2.1.4.1.1 Almacenes inadecuados para el manejo del almacenamiento**

El almacén, bodega o troje, es el lugar que determina, en gran parte, con qué seguridad se conservarán los granos y productos allí depositados. Su

construcción, localización y funcionamiento, deben ser planeados específicamente para este servicio, atendiendo a las necesidades regionales o nacionales con respecto a volumen e importancia de acuerdo con las condiciones climáticas del área en que se construyan (D'Antonio, 1997).

La disponibilidad de buenos almacenes y el correcto manejo de los granos es un factor muy deseable porque sin duda disminuye las pérdidas, y permite disponer de mayores volúmenes de granos y semillas para cubrir las necesidades de una población (Hernández, 2000).

#### **2.1.4.1.2 Alto contenido de humedad e impurezas**

El tiempo de almacenamiento y la conservación de la calidad de los granos están estrechamente relacionados con el contenido de humedad y la temperatura. Los factores físicos más favorables para el desarrollo rápido de las plagas, el deterioro y pérdida de granos y semillas en almacenamiento, son la humedad y la temperatura. El desarrollo de los insectos y microorganismos, así como la respiración de las semillas y de los granos, se incrementa mucho más cuando estos dos factores actúan al mismo tiempo; cuando solamente uno de ellos es favorable para estas actividades bióticas, el otro se convierte entonces en un factor limitante en el proceso que determinará la conservación del grano o la semilla (SAGARPA, 2009).

##### **a) Humedad**

El contenido de humedad es el principal factor que influye en la calidad de los granos almacenados. Para obtener un almacenamiento eficiente, los granos deben tener un bajo contenido de humedad, ya que los granos húmedos

constituyen un medio ideal para el desarrollo de microorganismos. La humedad constituye uno de los factores de mayor influencia en la conservación de granos durante el almacenamiento. Las plagas que atacan a los granos almacenados son menos atraídas por los granos secos (Cabrera, 2007). Cuando el grano es almacenado con exceso de humedad, automáticamente se predispone de un calentamiento excesivo, debido a su alto rango respiratorio y simultáneamente a la descomposición y pérdida de este grano por el ataque de hongos, bacterias e insectos (SAGARPA, 2009).

Entre más seco se encuentre el grano almacenado y más baja sea la temperatura en el almacén o bodega, la conservación de éste es mucho mejor (García, 2000)).

Las condiciones ecológicas prevalecientes en el área de almacenamiento, tienen también una influencia sobre los granos que allí se van a guardar, ya que este grano forzosamente tiene que alcanzar un equilibrio de humedad con la humedad relativa del aire. El contenido máximo de humedad con que un grano debe ser almacenado con seguridad, depende esencialmente de tres factores, y son: el tipo y condición del grano (grano entero o grano roto), el área ecológica donde se encuentren los almacenes y la duración del periodo de almacenamiento necesario (Guerrero, 1999).

Bajo las condiciones ecológicas de México, los límites de seguridad para el frijol están considerados entre el 12.5% y el 13.5% de contenido de humedad, para almacenarlos con cierta seguridad de conservación.

## **b) Impurezas**

La presencia de grano roto o de impurezas en el mismo, es factor negativo para que el grano se almacene con propiedad y, sobre todo, se conserve en buenas

condiciones por un tiempo determinado, bajo cualquier condición ecológica prevalente (SAGARPA, 2009).

Los granos rotos y las impurezas que se encuentren presentes en aquellos volúmenes de granos que se van a almacenar representan una amenaza para la buena conservación de estos productos, ya que volúmenes de grano en estas condiciones son muy favorables para el desarrollo de insectos y microorganismos que perjudican y demeritan la calidad de los granos o las semillas (SAGARPA, 2009).

#### **2.1.4.1.3 Manejo deficiente de granos o semillas y desconocimiento de los principios de conservación**

Por lo que respecta al manejo deficiente y al desconocimiento de los problemas involucrados en el proceso de la conservación y almacenamiento de granos, es lógico que estos aspectos sean de carácter negativo y contribuyan, en mucho, a las pérdidas generales que sistemáticamente se registran. Por lo general y en forma táctica, se acepta que un grano almacenado está seguro del deterioro por diversos agentes, una vez que se encuentra en la bodega, descuidando así pequeños detalles, aún más importantes, como la limpieza, la selección y el muestreo de los granos, sobre todo en bodegas pequeñas manejadas por comerciantes o negocios pequeños de granos y semillas. Estos granos mal cuidados y manejados deficientemente, al concurrir en los distintos mercados, tienen una calidad inferior y representan un riesgo para los demás lotes de grano que se manejaron con propiedad y que se reciben en conjunto en los grandes almacenes (Hernández, 2000).

#### **2.1.4.1.4 Agentes de daño**

Existen agentes que limitan el almacenamiento adecuado de los granos y semillas, entre ellos se encuentran las plagas que disminuyen los rendimientos al alimentarse del grano, así como la reducción de la calidad y contaminación de los granos y semillas (S. García-Lara *et al*, 2007).

Muchos insectos son capaces de alimentarse, desarrollarse y multiplicarse en los granos enteros, granos dañados, o alimentos procesados en el almacenamiento. Cuando los granos se almacenan a 25 °C los insectos se multiplican rápidamente y pueden causar pérdidas significativas que van desde la pérdida de peso de grano a la pérdida de la calidad, disminuyendo la germinación de la semilla, cambios bioquímicos y nutricionales en semillas, y la contaminación por excretas, exoesqueletos y las partes del cuerpo del insecto (White, 1995). La respiración por grandes poblaciones de insectos también produce calor y humedad, lo que favorece el crecimiento de microorganismos como *Aspergillus spp* y *Penicillium spp* (Schoonhoven *et al*, 1988).

Los insectos son los organismos que más atacan a los granos almacenados, demeritando la calidad física, el valor monetario y el poder germinativo de éstos. La presencia de insectos en las bodegas almacenadoras se debe al mal manejo de éstas, proporcionando las condiciones favorables para que el insecto pueda desarrollarse (Schoonhoven *et al*, 1988).

## **2.2 Características generales e importancia de los insectos plaga**

Una plaga se define como la densidad de población de un insecto que supera inaceptablemente los niveles del umbral, dando como resultado un daño económico (Horn, 1988).

En términos generales, los insectos se consideran perjudiciales o nocivos cuando causan grandes pérdidas económicas al dañar o destruir cultivos agrícolas y otras plantas de importancia económica; si contribuyen a la propagación y desarrollo de bacterias, hongos y virus que producen enfermedades en las plantas; si destruyen o reducen el valor de alimentos almacenados o de otros productos y bienes (Ralph H. Davidson, 1992).

Menos del 1% de todas las especies de insectos se consideran dañinas para el hombre, es decir, los grupos de insectos útiles e inoocuos son más numerosos, sin embargo este grupo dañino ocasiona pérdidas económicas de varios miles de millones de dólares. Además a esto, hay que agregar los gastos por concepto de plaguicidas, equipo de fumigación, capacitación de personal y los costos de mano de obra para la aplicación de los plaguicidas (Ralph H. Davidson, 1992).

Existen insectos que afectan los granos almacenados provocando daños de tipo cuantitativo y cualitativo. Durante el almacenaje los insectos encuentran condiciones muy favorables para su establecimiento, reproducción y posterior desarrollo, puesto que cuentan con alimentos y protección adecuada. Según el daño que estos insectos producen en los granos, se clasifican en:

**Plagas primarias:** Aquellas que poseen aparato bucal masticador y puede romper la testa del grano para alimentarse o depositar sus huevos. Atacan granos enteros, limpios y no dañados.

**Plagas secundarias:** Son aquellas que atacan después de un insecto primario. Se desarrollan entre harinas y granos quebrados. Su presencia indica, que existen otras plagas que están o estuvieron dañando el grano.

**Plagas terciarias:** Aquellas que se desarrollan con posteridad al ataque de los insectos primarios y secundarios.

La actividad de los insectos y el daño que provocan, está muy relacionada con la temperatura, la humedad y el manejo del grano en el almacén. Solamente se necesitan unos cuantos insectos bajo las condiciones adecuadas (alta temperatura y humedad) para que aparezcan en mayores proporciones. A mayor presencia de insectos, se producirá mayor calor, creando así las condiciones adecuadas para el crecimiento posterior de hongos.

### **2.2.1. Principales insectos plaga del frijol en el almacén y su importancia económica**

Los brúchidos, *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) y *Acanthoscelides obtectus* (Say) conocidos comúnmente como gorgojos, son las plagas más importantes del frijol almacenado. Se estima que en América Latina las pérdidas ocasionadas por estas plagas son de alrededor del 15%. Estas especies se encuentran distribuidas desde Chile hasta los Estados Unidos. Sus nombres más comunes son gorgojo pinto o mexicano del frijol y gorgojo pardo del frijol respectivamente (Schoonhoven *et al*, 1988).

En México y América Central se estima que las pérdidas debido a la presencia de estas dos plagas en frijol almacenado son del 35% (Leonard, 1981).

Los gorgojos en México causan pérdidas de entre el 30 al 40% en frijol almacenado (Oviedo, 2007).

La especie *Z. subfasciatus* es conocido comúnmente como gorgojo mexicano del frijol, y es considerada la plaga más importante en el frijol almacenado, distribuyéndose en las zonas tropicales y a altitudes menores a los 1000 m.s.n.m. (Schoonhoven, 1976 y Schoonhoven *et al*, 1988). Esta especie ataca únicamente frijol almacenado. (Schoonhoven, 1976; Schoonhoven *et al*, 1988; Serrano *et al*, 1983).

*Acanthoscelides obtectus* es conocido como el gorgojo común o pardo del frijol, se considera la plaga más importante del frijol almacenado en zonas subtropicales, extendiéndose en altitudes entre los 1600 y 1800 m.s.n.m. (Schoonhoven, 1976 y Schoonhoven *et al*, 1988). Esta especie causa daños desde el campo hasta el almacenamiento, ya que las hembras ovipositan en las grietas de las vainas, o en los espacios libres entre los granos almacenados (Schoonhoven *et al*, 1988; Serrano *et al*, 1983).

Los principales hospederos de *Z. subfasciatus* son especies de la familia Leguminosae o Fabaceae entre las cuales se encuentran: *Phaseolus vulgaris* (L.), *P. lunatus* (L.), *P. coccineus* (L.), *P. acutifolius* (A. Gray), *Cicer arietinum* (L.), *Cajanus cajan* (L.), *Vigna radiata* (L.), *V. unguiculata* (L.), *V. unbellata* (Thunbrg), *V mungo* (L.) y *Glycine max* (L.) (Valencia, 2006).

Para el caso de *A. obtectus* son: *Phaseolus vulgaris* (L.), *P. lunatus* (L.), *P. coccineus* (L.), *P. acutifolius* (A. Gray), *Vicia faba* (L.), *Cicer arietinum* (L.), *Vigna sinensis* (L.), *V. unguiculata* (L.), *Pisum sp.* (L.) y *Albizia sp.* (Durazz) (Valencia, 2006).

Entre los daños causados por estas plagas se incluye la pérdida de la germinación y los daños causados por el ataque de patógenos, ya que las perforaciones son una puerta de entrada para hongos y bacterias. Los gorgojos, cuyas larvas se desarrollan en el interior del grano, elevan la temperatura y la humedad debido a la respiración y metabolismo, alcanzando una humedad de hasta 17%, favoreciendo el desarrollo de las plagas y otros microorganismos como: *Aspergillus spp* y *Penicillium spp* (Schoonhoven *et al*, 1988).

La presencia de estas dos plagas en frijol almacenado causan pérdidas considerables a nivel mundial, pero generalmente estas pérdidas son aún más graves en países en vías de desarrollo, ya que se carece de infraestructura para el buen almacenaje del frijol (Schoonhoven, 1988).

## 2.2.2. Aspectos generales del gorgojo pinto o mexicano del frijol *Zabrotes subfasciatus*

### 2.2.2.1 Taxonomía

De acuerdo a Borror *et al.* (1992) la actual clasificación de *Z. subfasciatus* es la siguiente:

Reino: Animalia

Phylum: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Coleóptera

Suborden: Polífaga

Familia: Brúchidae

Género: *Zabrotes*

Especie: *Zabrotes subfasciatus* (Boheman)

### 2.2.2.2 Morfología

**Huevecillo:** Son pequeños, miden aproximadamente 0.3 mm de diámetro de forma circular y aplanados. Al estar recién ovipositados se caracterizan por tener una apariencia cristalina, pero a medida que avanza la incubación se tornan a un color blanco amarillento (Vélez, 1997).

**Larvas:** Son de tipo vermiforme y ápoda, miden de 3 a 3.5 mm su cuerpo presenta abundantes pliegues y son de color blanco. La cabeza es muy reducida y se encuentra articulada al protórax (Vélez, 1997).

**Pupas:** Miden cerca de 3 mm de largo, de color blanco lechoso y no presentan pelos. Se puede diferenciar el sexo, el cual se aprecia por la forma del último segmento abdominal, en la hembra es rectilíneo y en el macho es arqueado (Vélez, 1997).

**Adultos:** Miden de 1.8 a 2.5 mm los machos son de color olivo y son más pequeños con respecto a las hembras. Las hembras son de color negro y se caracterizan por tener manchas de color blanco en los élitros. En ambos sexos los élitros son cortos, dejando expuesto el último segmento del abdomen. Presentan ojos bien desarrollados. Las antenas presentan 11 segmentos, y las patas posteriores son más robustas que las anteriores, los fémures se muestran dilatados y las tibiae posteriores tienen dos espuelas en su extremo distal (Vélez, 1997).

### 2.2.2.3 Biología y hábitos

Las condiciones óptimas para el desarrollo de *Z. subfasciatus* es de una temperatura aproximadamente de 32° C y una humedad del 70%. Su ciclo de vida bajo estas condiciones es de aproximadamente de 25 días entre el estado del huevecillo y el adulto (Schoonhoven *et al*, 1988).

**Huevecillo:** Son depositados de forma aislada, los cuales son adheridos a la testa del frijol por medio de una sustancia pegante. Una hembra alcanza a depositar de 3 a 4 huevecillos diarios por grano (Vélez, 1997). El estado de huevecillo dura de 4 a 5 días (Schoonhoven *et al*, 1988).

**Larva:** Al eclosionar el huevecillo, la larva penetra en el grano y continúa desarrollándose en su interior, formando una galería a medida que se alimenta. Durante el último instar la larva forma una ventana en la testa de la semilla, la cual servirá para que el adulto abandone la galería y emerja de la semilla. Las larvas mudan cuatro veces antes de pupar. El estado de larva dura aproximadamente 14 días (Schoonhoven *et al*, 1988).

**Pupa:** Se desarrolla en el interior del grano. Una vez que termina su periodo de desarrollo el adulto emerge por la ventana (Vélez, 1997). El estado pupal dura de 5 a 6 días (Schoonhoven *et al*, 1988).

**Adulto:** los adultos viven de 10 a 12 días. La hembra es capaz de poner hasta 56 huevecillos y de infestar hasta 36 granos. La oviposición de la hembra se inicia desde el primer día de su existencia, ovipositando de 2 a 3 huevecillos y alcanza su valor máximo hacia el tercer día, alcanzando a ovipositar cerca de 9 huevecillos. A partir de entonces, se reducen los valores de 1 a 4 huevecillos por día (Cardona, 1994; Schoonhoven y Cardona, 1980).

### **2.2.3. Métodos de control de insectos en frijol almacenado**

#### **2.2.3.1 Control aplicado**

El combate a los insectos incluye aquellos métodos utilizados por el hombre, los cuales son necesarios utilizar cuando los insectos dañinos no han sido controlados por los factores naturales (Metcalf, 1980).

El control aplicado se divide en (a) Control químico, por el uso de insecticidas y fumigantes, repelentes y atrayentes; (b) Control físico y mecánico, por medio de maquinas y la manipulación especial de los factores físicos del medio ambiente;

(c) Control biológico, por la introducción y establecimiento de los insectos enemigos y (d) Control legal, por la reglamentación del comercio, prácticas agrícolas y otras actividades humanas que afectan la prevalencia y distribución de los insectos peligrosamente destructivos, el éxito de las operaciones de combate de insectos, o la salud del hombre (Metcalf, 1980).

#### **2.2.3.1.1 Control químico**

Los insecticidas, son aquellas sustancias que matan a los insectos por medio de su acción química. Se agrupan en 3 clases: (1) Venenos Estomacales, son aquellos que se ingieren y producen sus efectos al ser absorbidos en el tubo digestivo; (2) Venenos de contacto, los cuales matan a los insectos por contacto y entran a sus cuerpos, ya sea a través del integumento hacia la hemolinfa o por penetración del sistema respiratorio por medio de los espiráculos hacia adentro del cuerpo a través del sistema traqueal; (3) Fumigantes o venenos gaseosos, son los más efectivos para usarse cuando los insectos y los productos que ellos están atacando, se encuentran en un encierro bastante hermético, tal es el caso de bodegas, almacenes, invernaderos y medios de transporte. Los fumigantes se pueden usar para combatir toda clase de insectos, sin importar el tipo de aparato bucal, ya que el gas entra al cuerpo del insecto a través de los espiráculos durante su respiración (Metcalf, 1980); (4) Repelentes, que evitan la inmigración, oviposición o alimentación de los insectos. Este efecto se manifiesta por la respuesta negativa de los insectos a las propiedades físicas y químicas de dichas sustancias. Muchos de los mejores repelentes son compuestos químicos que producen efectos letales si la concentración es suficientemente alta y si los insectos son incapaces de escapar con rapidez (Davidson, 1992); (5) Atrayentes, son agentes o sustancias que tienen el poder de producir una respuesta positiva de los insectos. La mayoría de los estímulos mejor conocidos son los olfatorios y por lo tanto, químicos. Los principales factores de atracción química son el sexo, la

oviposición y el alimento (Davidson, 1992). Sin embargo algunos insectos son atraídos por estímulos físicos, tales como longitudes de onda de sonido y luz.

### **2.2.3.1.2 Control físico y mecánico**

Los métodos físicos son aplicados para incomodar, perturbar, alterar la fisiología e incluso causar la muerte de las plagas en forma directa o indirecta (Barrera, 2008); mientras que los métodos mecánicos por lo regular se emplean para matar directamente a las plagas.

#### **a) Control físico**

Son novedosos, complejos e incluyen manipulaciones del ambiente, de tal manera que el manejo de los fenómenos naturales como el sonido, la humedad y la temperatura se convierten en opciones de control.

Entre los distintos métodos de control físico que se pueden utilizar en granos almacenados son: secado de granos, temperatura, radiaciones y el uso de barreras físicas (empaques) (Barrera, 2008).

**Secado de granos:** la humedad es sin duda una de las propiedades a considerar para determinar si el grano corre riesgo de deteriorarse durante el almacenamiento. Este método consiste en acondicionar los granos por medio de la eliminación del agua hasta un nivel que permita su equilibrio con el medio ambiente que sea desfavorable con el desarrollo de las plagas, y que al mismo tiempo se preserve la calidad nutricional, sanitarias y viabilidad de las semillas. (Triste, 2003).

**Temperatura:** Es el factor físico que tiene mayor influencia que el resto de los factores físicos, debido a que regula el funcionamiento de las actividades metabólicas de los insectos. Los insectos plaga poseen umbrales al frío y calor,

conocidos como umbrales térmicos. Usar temperaturas extremas para modificar el medio, puede ser adecuado para combatir plagas (González, 1995). Las temperaturas extremas son usualmente las más utilizadas como método de control físico ya que los insectos no pueden desarrollarse y reproducirse bajo los 13° C y sobre los 35° C (Fields and Muir, 1996).

**Radiaciones:** Se han hecho experimentos para controlar plagas de productos almacenados mediante el uso de radiaciones Gamma del Cobalto-60. Las radiaciones pueden ocasionar pérdida del apetito, parálisis, trastornos de la fertilidad y fecundidad, cambios de desarrollo e incluso la muerte de los insectos que son expuestos a ella. Se cree que las radiaciones son efectivas para la destrucción de los huevecillos e insectos adultos sin ocasionar daño al grano y sin dejar residuos tóxicos (Juárez, 1998).

#### **b) Control mecánico**

Comprende técnicas bastante diversas y en ocasiones muy simples, que en muchas ocasiones no se llevan a cabo a pesar de que son métodos efectivos de control, en especial cuando se aplican a pequeña escala (Barrera, 2008).

**El cribado:** es una de las prácticas de control mecánico de forma directa, consiste en hacer pasar el material infestado a través de tamices o cribas en combinación con sistemas de aspiración, para eliminar cualquier fase biológica de las plagas. Resulta factible aplicarlo en plagas de granos almacenados (Barrera, 2008).

#### **2.2.3.1.3 Control legal**

**a) Cuarentena vegetal:** se define como toda actividad destinada a prevenir la introducción y/o diseminación de plagas para asegurar su control oficial

(FAO, 1999). Los objetivos de la cuarentena vegetal son: (a) Prevenir la introducción y establecimiento de especies exóticas de plagas de especies vegetales, (b) Erradicar, controlar o retardar la propagación de cualquier plaga o enfermedad que ya haya sido introducida (Santiago & Gutiérrez, 2008).

**b) Cuarentena internacional:** están encaminadas a impedir la entrada de insectos de naciones que no sean vecinos inmediatos. Estas cuarentenas prohíben la importación de materiales que puedan acarrear insectos o exigen que tal cargamento sea inspeccionado y tratado eficazmente antes de su introducción al país (Davidson, 1992)..

**c) Cuarentena nacional:** estas cuarentenas no pueden ser tan eficaces como las internacionales; cuando las nacionales están apoyadas por barreras naturales a la dispersión de los insectos, las posibilidades de éxito aumentan de forma considerable (Davidson, 1992).

Las cuarentenas deben suspenderse parcial o totalmente cuando el valor probable del producto protegido es menor que el de mantenimiento (Davidson, 1992).

### **2.3. Importancia de plantas y minerales en el control de insectos**

Para el caso de los granos, el hecho de conservarlos y protegerlos constituye una necesidad. Esta conservación se ve amenazada por los insectos que atacan a los granos y a sus productos durante su almacenamiento (D' Antonio, 1997).

La utilización de plaguicidas organosintéticos en los últimos 60 años ha ocasionado la búsqueda de nuevas alternativas de control de una forma efectiva y ser más amigables con el medio ambiente (Rodríguez, 2008).

Esta problemática es más evidente en países en desarrollo, donde los pequeños productores ven mermadas sus cosechas a causa de las plagas y las enfermedades (Larraín, 1994).

La utilización de plantas ha constituido una de las principales herramientas del hombre contra las plagas (Lagunes, 1994).

Existen varios métodos de control alternativo considerados de bajo costo, alta efectividad y muy factibles de manipular por los pequeños productores (Braccini&Picanço, 1995). La revalorización de plantas y minerales como fuentes de sustancias con propiedades insecticidas se han difundido en países como Brasil, México, Ecuador y Chile. En estos países se han desarrollado líneas de investigación que buscan en las plantas, compuestos químicos con menor impacto ambiental y potencial para el control de las plagas agrícolas (Rodríguez, 2000).

Los campesinos han recurrido desde épocas inmemorables al empleo de productos naturales para controlarlas, sin embargo, a través del tiempo la información se ha ido perdiendo, llegando en la actualidad a carecer mucha de ella de sustento científico. Hoy en día se siguen practicando algunas técnicas tradicionales para conservar los granos almacenados (Golob y Hanks, 1980), como por ejemplo la exposición de los granos al sol para la eliminación de muchos tipos de insectos, ya que estos generalmente no soportan temperaturas mayores a 40° C. Otra práctica empleada por los campesinos de regiones rurales, es la de almacenar los granos sobre plataformas elevadas de madera, para posteriormente hacer pasar humo sobre las plataformas con la finalidad de mantener el grano seco y protegido de insectos plaga. Algunos otros acostumbran guardar las cosechas sin desprender hojas o vainas, dado que estas le dan cierta protección al ataque de insectos debido a que les impide copular, ovipositar y dañar el grano (Golob y Hanks, 1980).

El uso de polvos vegetales es una técnica recuperada de la agricultura de subsistencia de países principalmente de África y América Central (Lagunes y Rodríguez, 1989). Este método de control está teniendo mayor importancia

nuevamente y no se limita únicamente al uso del piretro (*Tanacetum cinerariifolium*), tabaco (*Nicotiana tabacum*) y rotenona (*Derris* spp.). En América Latina y otros lugares del mundo, hay grupos de investigadores trabajando en la búsqueda de nuevas plantas con propiedades insecticidas. La mayoría de las especies de vegetales que se utilizan en la protección vegetal, muestran un efecto insectistático más que insecticida (Silva *et al.* 2002). Es decir, inhiben el desarrollo normal de los insectos al actuar como repelentes, disuasivos de la alimentación u ovipostura, confusores o disruptores y reguladores de crecimiento (Metcalf y Metcalf, 1992; Coats, 1994). Por lo tanto, todas las plantas con efecto insectistático son preventivas más que correctivas, pues una vez que el insecto penetra en el grano, cualquier polvo vegetal de probada eficacia protectora carece de efecto (Lagunes, 1994; Rodríguez, 2000). Además de los polvos vegetales, diversos polvos inertes, cenizas y arenas finas se han mezclado con el grano en forma tradicional como barrera física contra el daño por insectos (D'Antonio, 1997). Estos polvos minerales, o polvos inertes tienen efecto abrasivo o absorben los lípidos de la epicutícula, facilitando la pérdida de agua que conduce a la muerte de los insectos por deshidratación (Lucca y Pinçao, 1995; Subramanyan y Roesli, 2000). En consecuencia, el uso de plantas y polvos minerales para proteger granos almacenados es una alternativa viable que debe ser investigada y validada con rigor científico debido a que son poco tóxicos para mamíferos, algunos son medicinales, son de fácil acceso para el agricultor ya que están presentes en su medio como malezas en el caso de plantas y son de manipulación sencilla, lo cual constituye importantes ventajas especialmente para el productor de escasos recursos.

La información de que estas especies vegetales y algunos minerales se combinen con los granos almacenados se transmiten verbalmente de generación en generación (Rodríguez, 1985).

Las anonas, por ejemplo, se han utilizado desde hace muchos años contra piojos, mosquitos, ácaros, garrapatas y nematodos. El macerado de las hojas de anonas

ha sido de gran ayuda para combatir diversidad de plagas, aunque la desventaja que se tiene es que su efecto toxico es lento (Rodríguez, 2008).

Otros ejemplos de plantas utilizadas contra insectos es el boldo, reportándose efectos de repelencia y mortalidad en picudos de maíz *Sitophilus zeamais* (Páez *et al*, 1990) (Silva *et al*, 2003).

Silva (2006) reporta efectos repelentes y de mortalidad en picudos de maíz *Sitophilus zeamais* utilizando clavo y orégano. Para el caso de clavo reporta efectos en un 50% en la emergencia de los picudos.

En publicaciones del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) recomiendan el uso de polvo de semilla de chícharo y ceniza de madera o de elote para el control de distintos insectos en granos almacenados, reportando efectos insecticidas y de repelencia (S. García-Lara *et al*, 2007).

De los minerales más utilizados en el control de plagas de almacén destacan el caolín y la tierra diatomea, los cuales deshidratan a los insectos cumpliendo con un efecto abrasivo. Iturralde (2010) y Korunic (1998) reportan efectos de repelencia, mortalidad y baja oviposición en gorgojos de frijol y picudos de maíz utilizando estos dos minerales.

#### **2.4 Uso de dispositivos de libre elección para evaluar el comportamiento de insectos**

El uso de extractos vegetales y minerales para el control de distintas especies de plagas de insectos ha sido encaminado únicamente para su uso insecticida en experimentos de exposición forzada, donde el insecto está en contacto directo con dichos tratamientos, sin embargo, estos estudios no permiten evaluar el comportamiento de la plaga en estudio perdiéndose información valiosa sobre el efecto que pudieran tener sobre el comportamiento del insecto, tal es el caso de

los efectos repelentes o atrayentes, así como efectos en parámetros de oviposición y emergencia del insecto. Este tipo de trabajos realizados bajo pruebas de exposición forzada han permitido implementar metodologías para evaluar el comportamiento de varias especies de insectos, en las cuales se ofrecen distintos tratamientos y poder evaluar dicho comportamiento del insecto.

Obeng-Ofori y Reichmuth (1997) mediante el uso de una arena de elección (Choice arena) realizaron pruebas de preferencia mediante el uso de eugenol en distintas especies de plagas de granos almacenados, la cual consistió en colocar 9 cajas petri plásticas de 5 cm de diámetro y 1.5 de altura, estando una central conectada simétricamente a las demás por tubos plásticos de 10 cm de longitud. A su vez Procopio *et al.*, (2003) diseñó una metodología similar a la de Obeng-Ofori, en la cual se realizaron pruebas para la evaluación de la repelencia de distintos extractos vegetales sobre picudos de maíz. Dicha metodología consistió en la utilización de una arena formada por 5 cajas petri plásticas, estando una central conectada simétricamente a las otras cuatro por tubos de plásticos de 10 cm de longitud, de tal forma que dos de las cuatro cajas de petri contenían frijol sin tratar (testigo) y las otras dos contenían grano tratado con polvo vegetal.

Valdés-Rodríguez (2004) reporta el uso de extractos atrayentes de henequén sobre el insecto *Scyphophorus acupunctatus* Gylleanhal mediante el uso de una charola de madera de 75 cm de diámetro, en la cual se colocaron en la periferia de la caja 4 discos de plástico las cuales contenían extractos de henequén y un control, evaluando así la preferencia del insecto hacia cada uno de los tratamientos en estudio.

El uso de dispositivos de elección múltiple permite evaluar con certeza el comportamiento de los insectos en estudio. De esta manera se puede evaluar de una forma más general cual es el efecto que ejerce los tratamientos sobre la plaga.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Ubicación del experimento**

El presente trabajo de tesis se desarrolló en la Unidad de Investigación en Granos y Semillas (UNIGRAS), ubicada en el Centro de Asimilación Tecnológica (CAT), de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM. Ubicado en el Municipio de Cuautitlán Izcalli, Méx.

#### **3.2 Material vegetativo**

Se adquirió grano de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), variedad Bayo, de cosecha 2012, en la Central de abastos de la Ciudad de México. Para su conservación, se mantuvo a temperatura ambiente dentro de un contenedor de plástico de 19 l, para evitar una posible infestación de insectos.

##### **3.2.1 Determinación de humedad inicial de los granos de frijol**

El contenido de humedad se determinó en una muestra representativa de 250 g de frijol limpio, utilizando un determinador de humedad digital Marca MOTOMKO INS, Modelo 919 ES, estableciendo un porcentaje de 9.3%.

##### **3.2.2. Prueba de germinación inicial de los granos de frijol**

Con la finalidad de tener un comparativo de la germinación con aplicación de polvos vegetales y minerales en granos de frijol, se llevó a cabo una prueba de germinación en cuanto se adquirió el material vegetativo. Para tal fin, de una muestra de frijol se tomaron aleatoriamente 100 granos, las cuales fueron distribuidas uniformemente en papel Anchor humedecido. Posteriormente se cubrieron las semillas con otro papel del mismo tipo, enrollándose en forma de

“taco”, el cual se introdujo a una bolsa de plástico perforada en la parte inferior y se colocó en un frasco. Posteriormente el frasco se colocó en una cámara húmeda a temperatura controlada. Los tacos se revisaron al cuarto día y se contabilizó el número de semillas de frijol germinadas, determinando así el porcentaje promedio de germinación. Se realizaron 3 repeticiones de 100 semillas cada una. A la germinación obtenida se le denominó “germinación inicial”. El frijol utilizado presentó una germinación inicial de 99%, la cual permite determinar el posible efecto de los polvos vegetales y minerales bajo estudio. La alta germinación significa que es un grano de reciente producción.

### **3.3 Proliferación de *Zabrotes subfasciatus***

Los insectos que se utilizaron como pie de cría, en el presente trabajo se obtuvieron de una colonia ya existente en el laboratorio de entomología de la UNIGRAS. Para iniciar la proliferación del insecto, fueron seleccionados insectos adultos de distintas edades (hembras y machos) y se colocaron en frascos con capacidad de un litro que contenían 500 g de frijol, ubicando los frascos en un cuarto de incubación a una humedad relativa del  $70 \pm 5\%$  y una temperatura de  $27 \pm 2$  °C. Una vez que los adultos ovipositaron en las semillas de frijol, se esperó la emergencia de los insectos de la F1, los cuales fueron utilizados para la parte experimental de este trabajo.

#### **3.3.1. Determinación de parámetros de *Z. subfasciatus* para obtener una oviposición adecuada**

En los insectos adultos F1, se llevó a cabo la determinación de parámetros de edad, periodo de oviposición y relación hembra:macho; con la finalidad de tener

estandarizados las poblaciones que fueron colocadas en cada uno de los tratamientos.

Para la determinación de la edad, periodo de oviposición y proporción hembra:macho (♀:♂) se utilizaron adultos de 24 y 48 horas después de que emergieron, los cuales se colocaron por separado en proporciones de 1♀:1♂, 2♀:1♂ y 1♀ en cajas de petri de 5.5 cm de diámetro y 1 cm de altura, conteniendo 25 granos de frijol para su oviposición. Los insectos adultos se dejaron en la caja por un periodo de oviposición de 24 y 48 horas para cada edad y proporción. Al final de estos periodos de oviposición los adultos fueron retirados de las cajas de petri y el número de huevecillos puestos en el frijol para cada caja de petri fue registrado. Cinco repeticiones para cada edad, periodo de oviposición y proporción ♀:♂ fueron establecidas (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Edad, tiempo de exposición y relación ♀:♂, para determinar la oviposición adecuada de *Z. subfasciatus***

Edad	Tiempo exposición	Relación ♀:♂	Número de Repeticiones
24 hrs	24 hrs	1 ♀	5
		2 ♀ : 1 ♂	5
		1 ♀ : 1 ♂	5
	48 hrs	1 ♀	5
		2 ♀ : 1 ♂	5
		1 ♀ : 1 ♂	5
48 hrs	24 hrs	1 ♀	5
		2 ♀ : 1 ♂	5
		1 ♀ : 1 ♂	5
	48 hrs	1 ♀	5
		2 ♀ : 1 ♂	5
		1 ♀ : 1 ♂	5

La relación 2♀:1♂ con edades de los adultos de 24 hrs y con un tiempo de exposición de 24 h se consideró como las características adecuadas de los insectos para obtener una oviposición media, evitando que haya una competencia entre las larvas y en la emergencia de los insectos adultos (cuadro 3).

Los resultados obtenidos de este ensayo proporcionaron información importante de los parámetros adecuados para los experimentos de esta tesis.

La oviposición fue muy variable con respecto a la edad de los insectos (24 h y 48 h) y con respecto a la relación hembra:macho, aumentando conforme al tiempo en que los insectos estuvieron expuestos en el grano.

No se buscaba tener la mayor oviposición en los granos de frijol, ya que una oviposición alta provocaría competencia entre las mismas larvas presentes en el interior de los granos. Es por ello que sólo se consideró una oviposición media, la cual evitaría dicha competencia y problemas en la emergencia de los insectos.

**Cuadro 3. Resultados de edad, tiempo de exposición y relación ♀:♂, para determinar la oviposición adecuada de *Z. subfasciatus***

Edad	Tiempo exposición	Relación ♀:♂	Oviposición media
24 hrs	24 hrs	1 ♀	$\bar{X}$ = 6.2
		2 ♀ : 1 ♂	<b><math>\bar{X}</math> = 13.8</b>
		1 ♀ : 1 ♂	$\bar{X}$ = 5.4
	48 hrs	1 ♀	$\bar{X}$ = 5.4
		2 ♀ : 1 ♂	$\bar{X}$ = 27.6
		1 ♀ : 1 ♂	$\bar{X}$ = 12.2
48 hrs	24 hrs	1 ♀	$\bar{X}$ = 6.6
		2 ♀ : 1 ♂	$\bar{X}$ = 13
		1 ♀ : 1 ♂	$\bar{X}$ = 6.8
	48 hrs	1 ♀	$\bar{X}$ = 16.2
		2 ♀ : 1 ♂	$\bar{X}$ = 33.4
		1 ♀ : 1 ♂	$\bar{X}$ = 14

Los experimentos de doble elección y de exposición forzada se realizaron bajo los resultados de este ensayo, los cuales se consideraron como parámetros adecuados para una buena oviposición.

### **3.4 Descripción del dispositivo de doble elección**

Para el desarrollo de este trabajo se diseñó un dispositivo para estudiar la respuesta de *Z. subfasciatus* hacia dos tratamientos ofrecidos simultáneamente. Al equipo se le denominó Dispositivo de Doble Elección (DDE), pues su finalidad es ofrecer dos opciones diferentes en un mismo ambiente. El DDE, se construyó utilizando un cristalizador con medidas de 19 cm de diámetro y 10 cm de altura, al cual se le realizaron dos perforaciones circulares en la base de 5 cm de diámetro, colocadas equidistantemente entre ellas y las paredes del dispositivo, en las cuales se les adaptaron dos cajas de Petri con dimensiones de 5 cm de diámetro y un cm de altura (figura 4).



**Figura 4. Dispositivo de doble elección.**

### **3.4.1 Pruebas para evaluar el dispositivo de doble elección**

Para poder determinar que el DDE tiene el funcionamiento esperado, se llevó a cabo una prueba para determinar la respuesta de preferencia de *Z. subfasciatus* entre dos tratamientos con el mismo sustrato, el cual está reportado como afectado por dicha plaga. A esta prueba se le denominó Prueba Frijol 1-Frijol 2. Se realizaron las pruebas llevando a cabo un análisis de varianza (ANOVA) en el programa SAS (Statistical Analysis System – Sistema de Análisis Estadístico).

#### **Prueba Frijol 1-Frijol 2**

Para la evaluación del funcionamiento del dispositivo y demostrar que existe un ambiente homogéneo dentro del mismo, se realizó una prueba utilizando como sustrato único granos de frijol, en ambas cajas de Petri. El propósito de esta primera prueba para evaluar el DDE fue ofrecer el mismo sustrato al insecto, de tal forma que tuvo libre movilidad dentro del dispositivo y elegir el tratamiento de su preferencia. La hipótesis planteada fue que debido a que el frijol es el sustrato preferido por *Z. subfasciatus* para su oviposición y desarrollo, la media del número de insectos presentes en ambos tratamientos no presentaría diferencia significativa.

En cada dispositivo se colocaron 20 g de granos de frijol en cada una de las cajas de Petri y se liberaron dentro de cada dispositivo 50 insectos (25 hembras y 25 machos) de edades de 24 horas, los cuales fueron tomados al azar; posteriormente se cerraron los dispositivos con un vidrio, evitando así la salida de los insectos (figura 5).



Figura 5. Montaje de la prueba del Dispositivo de Doble Elección.

Los dispositivos se mantuvieron en un cuarto a temperatura ambiente y los insectos estuvieron expuestos 24 horas teniendo libre movilidad dentro del dispositivo y así elegir el tratamiento de su preferencia. Después de 24 horas, se procedió a retirar el cristal de los dispositivos y colocar una tapa de la caja Petri, con la finalidad de contabilizar el número de insectos presentes en cada uno de los tratamientos (frijol 1 y frijol 2) y con ello, se determinó el promedio del número de insectos presentes en cada uno de los tratamientos, además de determinar los insectos presentes fuera de las cajas de petri. El experimento consistió de 10 repeticiones.

Las medias del número de insectos presentes en ambos tratamientos con frijol de la misma variedad fueron en promedio de 23.7 y 19.1 individuos adultos respectivamente, los cuales no mostraron diferencia estadística significativa (cuadro 5). La media del número de insectos presentes en la superficie del dispositivo fue de 6.9 individuos adultos, observándose únicamente insectos machos.

**Cuadro 4. Medias del número de insectos en frijol 1 y frijol 2**

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>
Frijol 1	23.7 <sup>a</sup>
Frijol 2	19.1 <sup>a</sup>
Superficie	6.9 <sup>b</sup>

Medias con diferente letra son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ )  $n=5$ .

### **3.5 Preparación de los polvos vegetales**

Para la elaboración de polvos de origen vegetal, se realizó una colecta o bien se adquirieron materiales vegetativos, de siete diferentes especies (Cuadro 5). En el caso de las hojas, se llevó a cabo su deshidratación en prensa de papel periódico, expuesta al sol; mientras que las semillas de chícharo y los botones de clavo, fueron adquiridos en seco.

En forma individual, cada material fue pulverizado por medio de una licuadora y posteriormente se pasó a un tamiz del No. 40. El polvo fue colocado en frasco de vidrio, por separado de cada especie vegetal.

**Cuadro 5. Especies vegetales utilizadas para la obtención de los polvos**

<b>Nombre</b>	<b>Familia</b>	<b>Material utilizado</b>	<b>Procedencia</b>
Anona ( <i>Annona</i> sp.)	Annonaceae	Hojas	Colectadas en la comunidad de Bajo Grande, Municipio de Córdoba, Ver.
Boldo ( <i>Peumus boldus</i> )	Monimiáceae	Hojas	Adquirido en el mercado de Jamaica del D.F.
Chícharo ( <i>Pisum sativum</i> )	Fabaceae o Leguminosae	Semilla	Adquirido en la Central de Abastos de Ecatepec, Edo. de Méx.
Clavo ( <i>Syzygium aromaticum</i> )	Myrtaceae	Botón floral	Adquirido en la Central de Abastos de Ecatepec, Edo. de Méx.
Ilama ( <i>Annona diversifolia</i> )	Annonaceae	Hojas	Colectadas en la comunidad de Bajo Grande, Municipio de Córdoba, Ver.
Lantana ( <i>Lantana cámara</i> )	Verbenaceae	Hojas y flores	Colectadas en el jardín botánico de la FES Cuautitlán Campo 4.
Orégano ( <i>Origanum vulgare</i> )	Lamiaceae	Hojas y flores	Adquirido en Santiago Chazumba, Oaxaca.

En el caso de los polvos de origen mineral, se decidió utilizar caolín, ceniza de rastrojo de maíz y tierra diatomea donada por el Cereal Research Centre, Agriculture & Agri-Food Canada.

### **3.5.1 Determinación de la máxima concentración de polvo en el grano**

Para la determinación de la concentración máxima de impregnación de los polvos vegetales y minerales en las semillas de frijol, se pesaron 100 g de frijol para cada uno de los siete polvos de origen vegetal y tres de origen mineral, que fueron colocados en frascos de vidrio previamente saturado con polvo, a los cuales se les agregó 2 g de cada uno de los polvos, procediendo a agitar en forma manual durante dos minutos, para lograr la mayor impregnación del material sobre el

grano de frijol. Posteriormente se retiró el grano del frasco y el polvo restante se recuperó y pesó. A los dos gramos de polvo iniciales se les restó el polvo recuperado y por diferencia se calculó la cantidad de polvo impregnado en el grano de frijol. El procedimiento se realizó por triplicado y a la concentración promedio del polvo impregnado en las semillas se determinó como concentración de saturación, la cual fue expresada en partes por millón y en porcentaje (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Concentración máxima de impregnación de polvos vegetales y minerales en grano de frijol**

<b>MATERIAL</b>	<b>Ppm</b>	<b>%</b>
Anona ( <i>Annona</i> sp.)	440	0.044
Boldo ( <i>Peumus boldus</i> )	350	0.035
Chícharo ( <i>Pisum sativum</i> )	5750	0.575
Clavo ( <i>Syzygium aromaticum</i> )	4520	0.452
llama ( <i>Annona diversifolia</i> )	610	0.061
Lantana ( <i>Lantana cámara</i> )	470	0.047
Orégano ( <i>Origanum vulgare</i> )	4710	0.471
Caolín	6835	0.683
Ceniza	8250	0.825
Tierra diatomea	1469	0.146

### **3.6 Desarrollo experimental**

El presente trabajo, estuvo compuesto de tres fases independientes. La primer fase consistió en la evaluación de los parámetros de comportamiento, oviposición y emergencia de *Z. sulfasciatus*, en granos de frijol en el dispositivo de doble elección; la segunda fase consistió en la evaluación de los parámetros de oviposición y emergencia de *Z. sulfasciatus*, en pruebas de exposición forzada. Por último, una tercera fase se llevó a cabo determinando la germinación de los granos de frijol tratados con la máxima concentración de polvos vegetales y minerales.

#### **3.6.1. Diseño experimental**

El diseño experimental que se utilizó en las dos primeras fases fue de un completamente al azar, considerando como un experimento independiente cada polvo utilizado y su relación con cuatro concentraciones diferentes.

Para determinar los tratamientos en cada uno de los materiales utilizados, se tomó como base la cantidad de polvo en el grano, obtenida en la prueba de concentración máxima de impregnación, determinando las concentraciones más bajas, dividiendo entre dos la concentración próxima superior; de tal forma que las concentraciones de menor a mayor tuvieron relación geométrica. De este modo se obtuvieron cuatro concentraciones, las cuales fueron utilizadas en los tratamientos correspondientes. Este procedimiento se llevó a cabo para cada material probado (Cuadro 7).

**Cuadro 7. Concentraciones de polvos de los diferentes productos ofrecidos en las pruebas de doble elección expresadas en ppm y %**

Nombre	Concentración (ppm)				Concentración (%)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Anona ( <i>Annona</i> sp.)	440	220	110	55	0,044	0,022	0,011	0,005
Boldo ( <i>Peumus boldus</i> )	350	175	87.5	43.7	0,035	0,017	0,008	0,004
Chícharo ( <i>Pisum sativum</i> )	5750	2875	1437.5	718.7	0,575	0,287	0,143	0,071
Clavo ( <i>Syzygium aromaticum</i> )	4520	2260	1130	565	0,452	0,226	0,113	0,056
Ilama ( <i>Annona diversifolia</i> )	610	305	152.5	76.2	0,061	0,030	0,015	0,007
Lantana ( <i>Lantana cámara</i> )	470	235	117.5	58.7	0,047	0,023	0,011	0,005
Orégano ( <i>Origanum vulgare</i> )	4710	2355	1177.5	588.7	0,471	0,235	0,117	0,058
Caolín	6835	3417.5	1708.7	854.4	0,683	0,341	0,170	0,085
Ceniza	8250	4125	2062.5	1031.2	0,825	0,412	0,206	0,103
Tierra diatomea	1469	734.5	367.2	183.6	0,146	0,073	0,036	0,018

### 3.6.2. Manejo experimental para la evaluación de los parámetros (número de insectos, huevecillos y emergencia de *Z. subfasciatus*) en los diferentes tratamientos ofrecidos en un dispositivo de doble elección

Para cada planta se probaron 4 concentraciones de polvo y para cada uno de los tratamientos se establecieron cinco repeticiones, lo cual generó para cada experimento un total de 20 unidades experimentales, las cuales estuvieron conformadas de la forma en que se expone en el Cuadro 8.

**Cuadro 8. Unidad experimental para tratamientos con polvos vegetales y minerales en frijol, en dispositivo de doble elección**

Tipo de Polvo	Tratamiento	Máxima Concentración de impregnación (X)	Unidad experimental
Material vegetal o mineral  • Anona • Boldo • Chicharo • Clavo • Ilama • Lantana • Orégano • Caolín • Ceniza • Tierra diatomea	T1	X1 (100%)	Caja Petri con concentración (X1, X2, X3 o X4) con 25 gramos de frijol. + Caja Petri Control con 25 gramos de frijol + Superficie interna del Dispositivo sin granos de frijol (Insectos presentes)
	T2	$X1 \div 2 = X2$	
	T3	$X2 \div 2 = X3$	
	T4	$X3 \div 2 = X4$	

Las variables que fueron consideradas para determinar el efecto de los polvos en sus distintas concentraciones en el dispositivo de doble elección, fueron las siguientes:

- Número de insectos adultos. Se contabilizó en cada caja de Petri y en la región externa de las cajas, el número total de insectos adultos presentes vivos y muertos.
- Número de huevecillos. Se contabilizó el total de huevecillos presentes en la testa de las semillas de frijol. Se contabilizaron los huevecillos que presentaron un corion uniforme y en buen estado; es decir, que no se encontraron rotos o colapsados.

- Número de adultos que emergieron. Se contabilizó el número de adultos que emergieron de los huevecillos presentes en los granos de frijol.

Para el desarrollo de este experimento se utilizó el dispositivo de doble elección previamente descrito (apartado 4.4).

En una de las cajas de Petri del dispositivo se colocaron 20 g de grano de frijol previamente impregnado con una de las concentraciones de polvo vegetal o mineral bajo estudio (cuadro 7). Posteriormente en la otra caja de Petri se colocaron 20 g de grano de frijol no tratado, considerándose como testigo. Cinco repeticiones para cada concentración de polvo vegetal y mineral se llevaron a cabo.

En cada dispositivo de doble elección conteniendo los tratamientos con frijol tratado y testigo se liberaron 50 insectos adultos (25 hembras y 25 machos) de 24 hrs de edad, los cuales se tomaron al azar. Posteriormente se colocó un vidrio en la parte superior del dispositivo para evitar la salida de los insectos (Figura 6).



**Figura 6. Liberación de insectos en pruebas de doble elección**

Los dispositivos de doble elección fueron colocados en un cuarto de prueba con una temperatura de  $25 \pm 2$  °C y se cubrieron con un plástico negro para evitar efectos debido a la luz. Los dispositivos se mantuvieron bajo estas condiciones por un periodo de 24 hrs (Figura 7).



**Figura 7. Dispositivos cubiertos con plástico negro.**

Después de las 24 hrs de exposición, se registro el número de insectos presentes en cada uno de los tratamientos, así como los que estaban fuera de ellos. También se registro la oviposición en cada uno de los tratamientos. Una vez contabilizados los puntos anteriores se colocó el grano en cajas de Petri de plástico con dimensiones de 5 cm de diámetro y 1 cm de altura, las cuales se mantuvieron en condiciones controladas de  $27 \pm 2$  °C de temperatura y  $70 \pm 5$  % de humedad relativa hasta obtener la emergencia total de la F1, la cual fue registrada para cada tratamiento (Figura 8).



**Figura 8. Tratamientos en cámara de cría.**

A los datos obtenidos de oviposición y emergencia se les aplicó un Análisis de Varianza (ANOVA) para determinar si existe diferencia entre las medias del número de insectos, número de huevecillos y emergencia entre cada tratamiento (concentración) y su respectivo control.

### 3.6.3 Manejo experimental para la evaluación de los parámetros de oviposición y emergencia de *Z. sulfasciatus* en exposición forzada

Se consideró en forma independiente cada material de polvo vegetal o mineral, con sus cuatro concentraciones; además de un testigo sin la aplicación de algún tipo de polvo. Para cada uno de los tratamientos, se establecieron 10 repeticiones, generando para cada experimento un total de 50 unidades experimentales, las cuales estuvieron conformadas por una caja de Petri con 25 granos de frijol, tres insectos (2 hembras y un macho de 24 hrs de emergidos) por unidad experimental (figura 9). Las cajas de petri fueron mantenidas por un periodo de 24 horas bajo condiciones controladas de temperatura y humedad relativa (Figura 10).



Figura 9. Grano tratado con insectos.



Figura 10. Tratamientos en cámara de cría

Después de 24 horas los insectos de cada tratamiento (concentraciones y testigo) fueron retirados y se contabilizó el número de insectos vivos y muertos, así como la oviposición (número de huevecillos) en cada repetición. Los granos ovipositados en cada una de las repeticiones de los tratamientos se mantuvieron bajo condiciones controladas de temperatura y humedad hasta obtener la emergencia total de la F1. Dicha emergencia fue comparada con el número de huevecillos ovipositados por medio de un análisis de varianza (ANOVA) para determinar el posible efecto de los polvos en la emergencia del insecto.

#### **3.6.4 Manejo experimental para la evaluación del efecto de la aplicación de polvos vegetales y minerales, en la germinación de frijol**

Para este experimento, se utilizó un diseño completo al azar, utilizando como tratamientos sólo la concentración máxima de impregnación de polvos vegetales y minerales en semillas de frijol, que posteriormente fueron colocadas en papel Archor humedecido y sometidas a germinación en condiciones ambiente. De tal forma se conformó un diseño con 10 tratamientos con polvos vegetales o minerales y un tratamiento testigo, los datos de este último, fueron los considerados por la prueba de germinación inicial, expuesta en el apartado 4.2.2 (figura 11).

La variable considerada para determinar el efecto de los polvos, durante el proceso de germinación, fue el porcentaje de granos germinados.



Figura 11. Pruebas de germinación con grano tratado.

A los datos de germinación se les aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existe diferencia entre las medias de germinación inicial y las medias de germinación de las semillas tratadas.

Antes de realizar la prueba de germinación con la máxima concentración de polvo vegetal y mineral, los granos de frijol estuvieron en contacto con dichos polvos por un periodo de seis meses, tiempo en que aproximadamente el grano permanece almacenado hasta antes de su siembra.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Evaluación del efecto de las concentraciones de los polvos de origen vegetal y mineral en el comportamiento, oviposición y emergencia de adultos de *Z. subfasciatus* en pruebas de doble elección

#### 4.1.1 Evaluación del efecto del polvo de anona *Annona* sp e ilama *Annona diversifolia*

Las medias del número de insectos presentes en frijol tratado y en el control de cada una de las concentraciones del polvo de anona e ilama no mostraron ser diferentes significativamente, sin embargo éstas fueron significativamente más grandes que las medias del número de insectos presentes afuera de los tratamientos. A su vez las medias del número de insectos presentes en las diferentes concentraciones no mostraron diferencia significativa, lo que muestra que no hay un efecto en la respuesta de *Z. subfasciatus* debido a la concentración del polvo de estas plantas.

La oviposición en el grano tratado con cada una de las concentraciones no fue significativamente diferente con la de su respectivo control, así como entre concentraciones (cuadros 9 y 10).

**Cuadro 9. Valores promedio del número de insectos presentes en grano tratado, control y afuera de los tratamientos; y oviposición de *Z. subfasciatus* en frijol control y tratado con diferentes concentraciones de polvo de anona**

Tratamiento	Insectos presentes			Oviposición	
	Control	Tratado	Afuera	Control	Tratado
55 ppm	22.2 <sup>a1</sup>	24.2 <sup>a1</sup>	3.6 <sup>a2</sup>	17.6 <sup>a1</sup>	22.6 <sup>a1</sup>
110 ppm	21.4 <sup>a1</sup>	24.8 <sup>a1</sup>	3.8 <sup>a2</sup>	26 <sup>a1</sup>	21.8 <sup>a1</sup>
220 ppm	21.2 <sup>a1</sup>	23.2 <sup>a1</sup>	5.6 <sup>a2</sup>	9.8 <sup>a1</sup>	16.2 <sup>a1</sup>
440 ppm	20.8 <sup>a1</sup>	26.8 <sup>a1</sup>	2.4 <sup>a2</sup>	27.6 <sup>a1</sup>	31.4 <sup>a1</sup>

Medias con la misma letra en columna no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )

Medias con el mismo número en fila no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ ) n=5

**Cuadro 10. Valores promedio del número de insectos presentes en grano tratado, control y afuera de los tratamientos; y oviposición de *Z. subfasciatus* en frijol control y tratado con diferentes concentraciones de polvo de ilama**

Tratamiento	Insectos presentes			Oviposición	
	Control	Tratado	Afuera	Control	Tratado
76 ppm	22.8 <sup>a1</sup>	25.4 <sup>a1</sup>	1 <sup>a2</sup>	13.2 <sup>a1</sup>	8 <sup>a1</sup>
153 ppm	22 <sup>a1</sup>	25.2 <sup>a1</sup>	2.8 <sup>a2</sup>	9.8 <sup>a1</sup>	20.4 <sup>a1</sup>
305 ppm	26.2 <sup>a1</sup>	23.4 <sup>a1</sup>	1.2 <sup>a2</sup>	19.4 <sup>a1</sup>	8.4 <sup>a1</sup>
610 ppm	22.4 <sup>a1</sup>	26 <sup>a1</sup>	1.6 <sup>a2</sup>	14.2 <sup>a1</sup>	11.2 <sup>a1</sup>

Medias con la misma letra en columna no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )

Medias con el mismo número en fila no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ ) n=5

Las medias de la oviposición y emergencia en el control así como en el grano tratado con las diferentes concentraciones de polvo de anona e ilama no mostraron ser diferentes significativamente.

La baja emergencia comparada con su respectiva oviposición que se observa en el frijol control pudiera ser explicada por una posible competencia entre larvas debido a la alta oviposición presente en los granos de frijol, y no a un posible efecto debido al polvo de anona e ilama (cuadros 11 y 12)

**Cuadro 11. Valores promedio del número de huevecillos (oviposición) y emergencia de *Z. subfasciatus* en frijol control y frijol tratado con diferentes concentraciones de polvo de anona**

Tratamiento	Frijol tratado		Frijol control	
	Oviposición	Emergencia	Oviposición	Emergencia
55 ppm	22.6 <sup>a1</sup>	13.6 <sup>a1</sup>	17.6 <sup>a1</sup>	8.8 <sup>a1</sup>
110 ppm	21.8 <sup>a1</sup>	12 <sup>a1</sup>	26 <sup>a1</sup>	15.8 <sup>a1</sup>
220 ppm	16.2 <sup>a1</sup>	7.6 <sup>a1</sup>	9.8 <sup>a1</sup>	3.6 <sup>a1</sup>
440 ppm	31.4 <sup>a1</sup>	17 <sup>a1</sup>	27.6 <sup>a1</sup>	16 <sup>a1</sup>

Medias con la misma letra en columna no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )

Medias con el mismo número en fila no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ ) n=5

**Cuadro 12. Valores promedio del número de huevecillos (oviposición) y emergencia de *Z. subfasciatus* en frijol control y frijol tratado con diferentes concentraciones de polvo de ilama**

Tratamiento	Frijol tratado		Frijol control	
	Oviposición	Emergencia	Oviposición	Emergencia
76ppm	8 <sup>a1</sup>	3.6 <sup>a1</sup>	13.2 <sup>a1</sup>	10 <sup>a1</sup>
153ppm	20.4 <sup>a1</sup>	17.2 <sup>a1</sup>	9.8 <sup>a1</sup>	6.4 <sup>a1</sup>
305ppm	8.4 <sup>a1</sup>	6.8 <sup>a1</sup>	19.4 <sup>a1</sup>	16.8 <sup>a1</sup>
610ppm	11.2 <sup>a1</sup>	9.2 <sup>a1</sup>	14.2 <sup>a1</sup>	9.8 <sup>a1</sup>

Medias con la misma letra en columna no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )

Medias con el mismo número en fila no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ ) n=5

Se ha reportado que las Anonáceas tienen efectos insecticidas para algunos insectos como los piojos, mosquitos y algunos ácaros (Rodríguez, 2008), sin embargo este efecto tóxico es sumamente lento, reportándose que llega a tener eficacia hasta 4 días después de su aplicación. Sin embargo este efecto insecticida no fue observado en *Z. subfasciatus*, ya que pudo haberse debido a que el tiempo de exposición (24 hrs) en este experimento no fue suficientemente largo o que pudieron existir una tolerancia debida a la especificidad de especie.

La determinación de la resistencia de los insectos a los tóxicos está en función de la especie, estado biológico, hábitat y probablemente la etapa de desarrollo del

insecto (Reynolds, 1962). Ésta resistencia puede ser adquirida debido a factores ambientales y no por el efecto de los tóxicos en los insectos (Cremllyn, 1982).

#### 4.1.2 Evaluación del efecto del polvo de lantana *Lantana cámara*

Las medias del número de insectos presentes en el frijol tratado con las diferentes concentraciones de polvo de lantana no tuvo diferencia significativa con relación a sus respectivos testigos, por lo que el polvo de lantana no mostró tendencia atrayente o repelente hacia los insectos. Sin embargo estas medias fueron significativamente más grandes que las medias del número de insectos presentes en la superficie del dispositivo para todas las concentraciones.

Las medias de la oviposición en el grano tratado y en el testigo no presentan diferencia significativa entre ambos tratamientos con respecto a las diferentes concentraciones de polvo de lantana. La oviposición de *Z. subfasciatus* no presentó tendencia alguna a aumentar o disminuir con relación a la concentración del polvo de lantana (cuadro 13).

**Cuadro 13. Valores promedio del número de insectos presentes en grano tratado, control y afuera de los tratamientos; y oviposición de *Z. subfasciatus* en frijol control y tratado con diferentes concentraciones de polvo de lantana**

Tratamiento	Insectos presentes			Oviposición	
	Control	Tratado	Afuera	Control	Tratado
59 ppm	23.4 <sup>a1</sup>	24.2 <sup>a1</sup>	2.4 <sup>a2</sup>	27.2 <sup>a1</sup>	22.8 <sup>a1</sup>
118 ppm	25 <sup>a1</sup>	23.6 <sup>a1</sup>	1.4 <sup>a2</sup>	20.8 <sup>a1</sup>	17 <sup>a1</sup>
235 ppm	23.4 <sup>a1</sup>	23.8 <sup>a1</sup>	2.8 <sup>a2</sup>	21.4 <sup>a1</sup>	12.6 <sup>a1</sup>
470 ppm	21.8 <sup>a1</sup>	25.8 <sup>a1</sup>	2.4 <sup>a2</sup>	21.2 <sup>a1</sup>	32.4 <sup>a1</sup>

Medias con la misma letra en columna no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )

Medias con el mismo número en fila no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  $n=5$

Las medias de la oviposición y emergencia en el control y grano tratado entre tratamientos y entre las diferentes concentraciones de polvo de lantana no mostraron ser diferentes significativamente (cuadro 14).

**Cuadro 14. Valores promedio del número de huevecillos (oviposición) y emergencia de *Z. subfasciatus* en frijol control y frijol tratado con diferentes concentraciones de polvo de lantana**

Tratamiento	Frijol tratado		Frijol control	
	Oviposición	Emergencia	Oviposición	Emergencia
59ppm	22.8 <sup>a1</sup>	21.4 <sup>a1</sup>	27.2 <sup>a1</sup>	21.4 <sup>a1</sup>
118ppm	17 <sup>a1</sup>	14.4 <sup>a1</sup>	20.8 <sup>a1</sup>	19.2 <sup>a1</sup>
235ppm	12.6 <sup>a1</sup>	11 <sup>a1</sup>	21.4 <sup>a1</sup>	17 <sup>a1</sup>
470ppm	32.4 <sup>a1</sup>	29.8 <sup>a1</sup>	21.2 <sup>a1</sup>	18.4 <sup>a1</sup>

Medias con la misma letra en columna no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )

Medias con el mismo número en fila no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  $n=5$

Se han reportado estudios del efecto repelente para uso humano de lantana en Mosquitos *Aedes* (Dua *et al.*, 1996). Dichos estudios reportados llevaron a la utilización de esta planta contra *Z. subfasciatus*, sin embargo la planta de lantana no presentó efectos de repelencia en la oviposición y emergencia en este insecto plaga.

#### 4.1.3 Evaluación del efecto del polvo de boldo *Peumus boldus*

Las medias del número de insectos presentes en el grano tratado con las diferentes concentraciones de boldo fueron mayores a las medias del número de insectos de sus respectivos testigos sin presentar diferencia significativa (cuadro 15). Estos resultados muestran un posible efecto atrayente, sin ser proporcional a las concentraciones (gráfica 1).

Las medias de la oviposición en testigo y en grano tratado con las distintas concentraciones de polvo de boldo no mostraron ser diferentes significativamente (cuadro 15). Sin embargo, la oviposición en testigo y en grano tratado con las diferentes concentraciones de boldo fue alta con respecto a otras plantas probadas en este trabajo. Para el caso en particular de boldo pudiera existir un efecto estimulante a ovipositar, y en tanto a la baja emergencia puede deberse a una posible competencia por la alta oviposición presente en los granos de frijol.

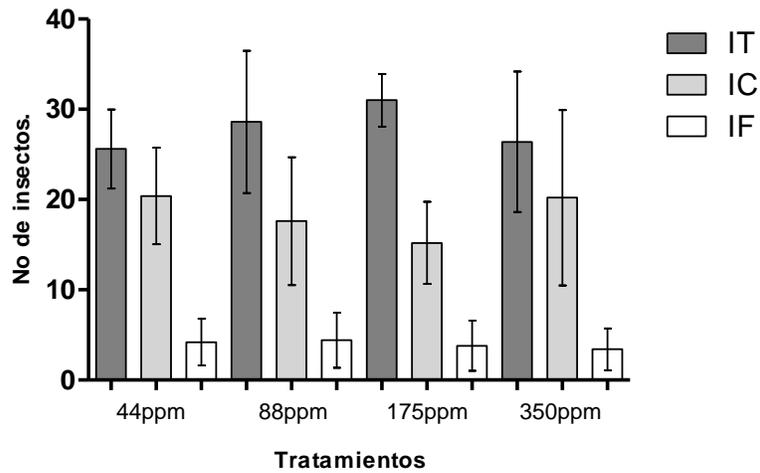
**Cuadro 15. Valores promedio del número de insectos presentes en grano tratado, control y afuera de los tratamientos; y oviposición de *Z. subfasciatus* en frijol control y tratado con diferentes concentraciones de polvo de boldo**

Tratamiento	Insectos presentes			Oviposición	
	Control	Tratado	Afuera	Control	Tratado
44 ppm	20.4 <sup>a1</sup>	25.6 <sup>a1</sup>	4.2 <sup>a2</sup>	38.8 <sup>a1</sup>	52 <sup>a1</sup>
88 ppm	17.6 <sup>a1</sup>	28.6 <sup>a1</sup>	4.4 <sup>a2</sup>	34.8 <sup>a1</sup>	45.2 <sup>a1</sup>
175 ppm	15.2 <sup>a2</sup>	31 <sup>a1</sup>	3.8 <sup>a3</sup>	38 <sup>a1</sup>	53 <sup>a1</sup>
350 ppm	20.2 <sup>a1</sup>	26.4 <sup>a1</sup>	3.4 <sup>a2</sup>	42 <sup>a1</sup>	47.2 <sup>a1</sup>

Medias con la misma letra en columna no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )

Medias con el mismo número en fila no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  $n=5$

**Gráfica 1. Promedio del número de insectos presentes en los tratamientos para cada concentración de boldo**



IT: Insectos en grano tratado, IC: Insectos en Control (Testigo),  
IF: Insectos fuera

Las medias correspondientes a la oviposición en el grano tratado entre concentraciones no presentó diferencia significativa, sin embargo las medias de oviposición con respecto a las medias de emergencia son significativamente diferentes. Esta diferencia se observa en las concentraciones de 44 ppm, 88 ppm y 350 ppm (cuadro 16). Las medias correspondientes a la oviposición de los controles entre concentraciones no presentó diferencia significativa, sin embargo las medias de oviposición con respecto a las medias de emergencia son significativamente diferentes. Esta diferencia se observa en las concentraciones de 175 ppm y 350 ppm.

**Cuadro 16. Valores promedio del número de huevecillos (oviposición) y emergencia de *Z. subfasciatus* en frijol control y frijol tratado con diferentes concentraciones de polvo de boldo**

Tratamiento	Frijol tratado		Frijol control	
	Oviposición	Emergencia	Oviposición	Emergencia
44ppm	52 <sup>a1</sup>	24.2 <sup>a2</sup>	38.8 <sup>a1</sup>	16 <sup>a1</sup>
88ppm	45.2 <sup>a1</sup>	19.4 <sup>a2</sup>	34.8 <sup>a1</sup>	20.4 <sup>a1</sup>
175ppm	53 <sup>a1</sup>	30.8 <sup>a1</sup>	38 <sup>a1</sup>	19.4 <sup>a2</sup>
350ppm	47.2 <sup>a1</sup>	22.4 <sup>a2</sup>	42 <sup>a1</sup>	19.4 <sup>a2</sup>

Medias con la misma letra en columna no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )

Medias con el mismo número en fila no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  $n=5$

Se han realizado estudios de repelencia y mortalidad con polvo de boldo en picudos de maíz, *Sitophilus zeamais* los cuales indican que existe repelencia en concentraciones del 1% y 2% (Núñez, 2005). Otros trabajos realizados reportan mortalidad del 100% (Páez *et al*, 1990) y del 99% (Silva *et al*, 2003) a una concentración del 1% de polvo de boldo. Sin embargo dichos trabajos utilizaron concentraciones superiores a las utilizadas en este trabajo, ya que las concentraciones de dichos trabajos sobrepasan la concentración de punto de saturación del grano de frijol utilizada aquí (0.035%), además de que se reportan efectos de repelencia y mortalidad únicamente en picudos del maíz y no en la especie utilizada en este trabajo.

#### 4.1.4 Evaluación del efecto del polvo de chícharo *Pisum sativum*

Las medias del número de insectos presentes en el grano tratado con las concentraciones de 1438 ppm y 5750 ppm de polvo de chícharo son significativamente menores con respecto a la media del número de insectos presentes en sus respectivos controles, observándose una menor preferencia. Esto se pudiera deber a un posible efecto de repelencia que ejerce el polvo hacia el insecto (gráfica 2). A pesar de que en las concentraciones de 1438 ppm y 5750 ppm las medias del número de insectos fue menor en el grano tratado con

respecto a los controles, la oviposición en grano tratado no fue significativamente diferente con respecto a la oviposición en testigo (cuadro 17).

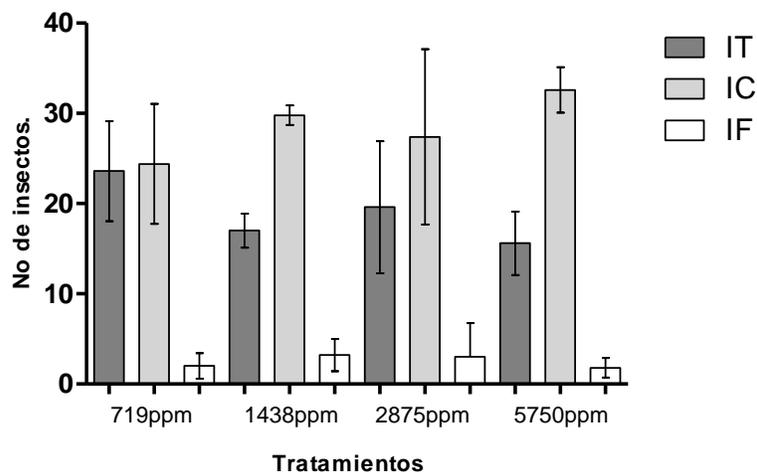
**Cuadro 17. Valores promedio del número de insectos presentes en grano tratado, control y afuera de los tratamientos; y oviposición de *Z. subfasciatus* en frijol control y tratado con diferentes concentraciones de polvo de chícharo**

Tratamiento	Insectos presentes			Oviposición	
Concentración	Control	Tratado	Afuera	Control	Tratado
719 ppm	24.4 <sup>a1</sup>	23.6 <sup>a1</sup>	2 <sup>a2</sup>	15.4 <sup>a1</sup>	9.6 <sup>a1</sup>
1438 ppm	29.8 <sup>a1</sup>	17 <sup>a2</sup>	3.2 <sup>a3</sup>	14.8 <sup>a1</sup>	9.6 <sup>a1</sup>
2875 ppm	27.4 <sup>a1</sup>	19.6 <sup>a1</sup>	3 <sup>a2</sup>	12 <sup>a1</sup>	9 <sup>a1</sup>
5750 ppm	32.6 <sup>a1</sup>	15.6 <sup>a2</sup>	1.8 <sup>a3</sup>	15 <sup>a1</sup>	17.4 <sup>a1</sup>

Medias con la misma letra en columna no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )

Medias con el mismo número en fila no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ ) n=5

**Gráfica 2. Promedio del número de insectos presentes en los tratamientos para cada concentración de chícharo**



IT: Insectos en grano tratado, IC: Insectos en Control (Testigo),  
IF: Insectos fuera

Las medias de la oviposición y emergencia en el control y grano tratado entre tratamientos y las diferentes concentraciones de polvo de chícharo no mostraron ser diferentes significativamente (cuadro 18).

**Cuadro 18. Valores promedio del número de huevecillos (oviposición) y emergencia de *Z. subfasciatus* en frijol control y frijol tratado con diferentes concentraciones de polvo de chicharo**

Tratamiento	Frijol tratado		Frijol control	
	Oviposición	Emergencia	Oviposición	Emergencia
719ppm	9.6 <sup>a1</sup>	5.6 <sup>a1</sup>	15.4 <sup>a1</sup>	12.6 <sup>a1</sup>
1438ppm	9.6 <sup>a1</sup>	7.6 <sup>a1</sup>	14.8 <sup>a1</sup>	8.6 <sup>a1</sup>
2875ppm	9 <sup>a1</sup>	5.6 <sup>a1</sup>	12 <sup>a1</sup>	6.8 <sup>a1</sup>
5750ppm	17.4 <sup>a1</sup>	11.4 <sup>a1</sup>	15 <sup>a1</sup>	12.8 <sup>a1</sup>

Medias con la misma letra en columna no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )

Medias con el mismo número en fila no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  $n=5$

Se ha reportado el control de ciertas plagas de almacén con polvo de chícharo a concentraciones del 5% (S. García-Lara, 2007), sin embargo para este trabajo en las concentraciones que tuvieron un posible efecto repelente contra *Zabrotes subfasciatus* fueron 0.14% y 0.57%. Sin embargo, el efecto repelente en la concentración de 0.57% no se vio reflejado en la oviposición, ya que en esta concentración hubo mayor oviposición.

#### 4.1.5 Evaluación del efecto del polvo de orégano *Origanum vulgare*

Las medias del número de insectos presentes en los tratamientos con frijol tratado con orégano disminuyen conforme la concentración aumenta. La media del número de insectos de la máxima concentración de 4710 ppm fue significativamente menor a las medias del número de insectos en grano tratado con las otras concentraciones menores (589 ppm, 1178 ppm y 2355ppm) (cuadro 19).

Las medias del número de insectos presentes en frijol tratado con las concentraciones de 1178 ppm, 2355 ppm y 4710 ppm son significativamente diferentes a las medias presentes en sus respectivos controles, observándose el efecto de repelencia conforme la concentración de polvo aumenta (gráfica 3).

Las medias de la oviposición en grano tratado fueron significativamente menores con respecto a la oviposición de sus respectivos controles. Esta diferencia se debe al menor número de insectos presentes en los tratamientos con grano tratado con respecto a sus controles. La oviposición más baja se presentó en grano tratado con la concentración 4710 ppm (cuadro 33). La oviposición disminuyó a medida que las concentraciones de polvo de orégano aumentó (gráfica 4).

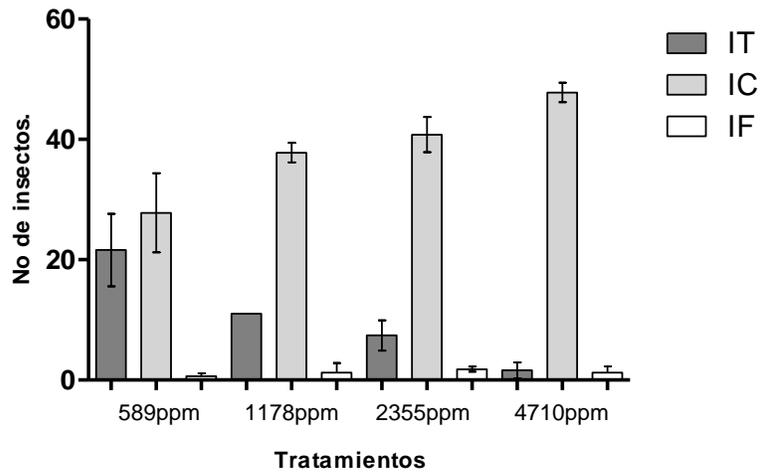
**Cuadro 19. Valores promedio del número de insectos presentes en grano tratado, control y afuera de los tratamientos; y oviposición de *Z. subfasciatus* en frijol control y tratado con diferentes concentraciones de polvo de orégano**

Tratamiento	Insectos presentes			Oviposición	
	Control	Tratado	Afuera	Control	Tratado
Concentración					
589 ppm	27.8 <sup>c1</sup>	21.6 <sup>a1</sup>	0.6 <sup>a2</sup>	22.4 <sup>a1</sup>	9.4 <sup>a2</sup>
1178 ppm	37.8 <sup>b1</sup>	11 <sup>b2</sup>	1.2 <sup>a3</sup>	13.8 <sup>a1</sup>	5.8 <sup>a1</sup>
2355 ppm	40.8 <sup>b1</sup>	7.4 <sup>bc2</sup>	1.8 <sup>a3</sup>	24.2 <sup>a1</sup>	4.8 <sup>a2</sup>
4710 ppm	47.8 <sup>a1</sup>	1.6 <sup>c2</sup>	1.2 <sup>a2</sup>	23.4 <sup>a1</sup>	2 <sup>a2</sup>

Medias con la misma letra en columna no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )

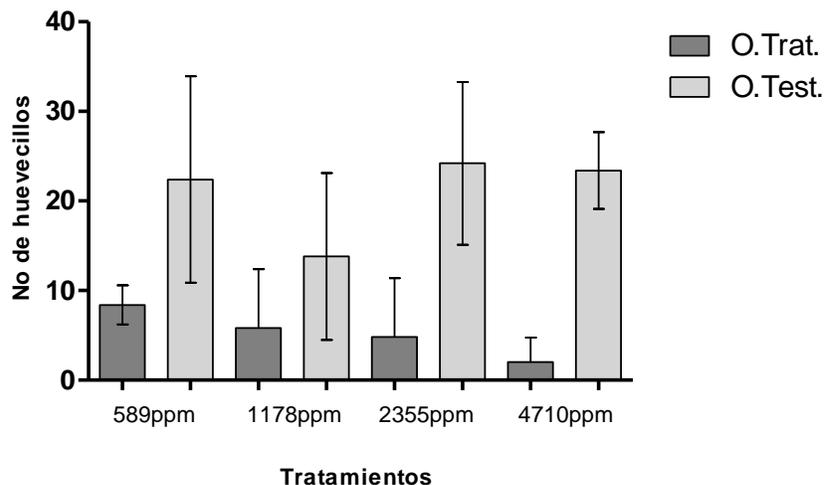
Medias con el mismo número en fila no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  $n=5$

**Gráfica 3. Promedio del número de insectos presentes en los tratamientos para cada concentración de orégano**



IT: Insectos en grano tratado, IC: Insectos en Control (Testigo),  
IF: Insectos fuera

**Gráfica 4. Promedio de la oviposición en testigo y grano tratado con cada concentración de orégano**



OTrat: Oviposición en grano tratado, OTest: Oviposición en testigo

Las medias de la oviposición y emergencia en el control y grano tratado entre tratamientos y las diferentes concentraciones de polvo de chícharo no mostraron ser diferentes significativamente, a excepción del control correspondiente a la concentración 4710 ppm ya que la diferencia entre la oviposición y la emergencia

se puede deber a una posible competencia por el alimento entre las larvas (cuadro 32).

**Cuadro 20. Valores promedio del número de huevecillos (oviposición) y emergencia de *Z. subfasciatus* en frijol control y frijol tratado con diferentes concentraciones de polvo de orégano**

Tratamiento	Frijol tratado		Frijol control	
	Oviposición	Emergencia	Oviposición	Emergencia
589ppm	9.4 <sup>a1</sup>	9.4 <sup>a1</sup>	22.4 <sup>a1</sup>	17.2 <sup>a1</sup>
1178ppm	5.8 <sup>a1</sup>	5 <sup>ab 1</sup>	13.8 <sup>a1</sup>	6.8 <sup>a1</sup>
2355ppm	4.8 <sup>a1</sup>	3.2 <sup>ab 1</sup>	24.2 <sup>a1</sup>	18 <sup>a1</sup>
4710ppm	2 <sup>a1</sup>	0.8 <sup>b1</sup>	23.4 <sup>a1</sup>	9.4 <sup>a2</sup>

Medias con la misma letra en columna no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )

Medias con el mismo número en fila no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ ) n=5

Silva (2006) reporta que a concentraciones del 2% de orégano existe un efecto repelente para los picudos del maíz. De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo para el caso de *Z. subfasciatus* a concentraciones del 0.11% se observó un efecto repelente con respecto a la concentración más baja (0.05 %) y conforme la concentración aumentó el efecto repelente fue más evidente, mostrando la mayor repelencia en la concentración 0.47 %.

#### 4.1.6 Evaluación del efecto de ceniza

Las medias del número de insectos presentes en los tratamientos con grano tratado y en sus respectivos controles son significativamente diferentes. A medida que incrementó la concentración de ceniza en el grano la presencia de insectos fue menor y aumentó en sus respectivos controles (Cuadro 21). La concentración que tuvo menor número de insectos en el grano tratado y con mayor número de insectos en su control fue la concentración de 8250 ppm (gráfica 5).

Las medias de la oviposición en grano tratado fueron significativamente diferentes con respecto a la oviposición en los controles, siendo mayor la oviposición en los controles con respecto a la oviposición en grano tratado, determinando así que la

ceniza tiene efectos repelentes y por consiguiente se explica la baja oviposición en el grano tratado, tanto en las concentración más baja (1031 ppm) como en la más alta (8250 ppm) (cuadro 21).

La preferencia del insecto por ovipositar en el grano no tratado se hace evidente por el efecto repelente de la ceniza (gráfica 6).

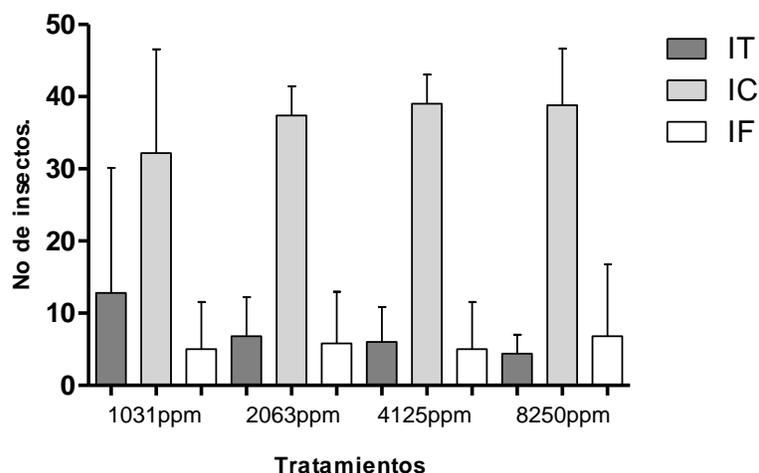
**Cuadro 21. Valores promedio del número de insectos presentes en grano tratado, control y afuera de los tratamientos; y Oviposición de *Z. subfasciatus* en frijol control y tratado con diferentes concentraciones de polvo de Ceniza**

Tratamiento	Insectos presentes			Oviposición	
	Control	Tratado	Afuera	Control	Tratado
1031 ppm	32.2 <sup>a1</sup>	12.8 <sup>a 1 2</sup>	5 <sup>a2</sup>	15.4 <sup>a1</sup>	1.2 <sup>a2</sup>
2063 ppm	37.4 <sup>a1</sup>	6.8 <sup>a2</sup>	5.8 <sup>a2</sup>	12.2 <sup>a1</sup>	3.6 <sup>a1</sup>
4125 ppm	39 <sup>a1</sup>	6 <sup>a2</sup>	5 <sup>a2</sup>	15.8 <sup>a1</sup>	0 <sup>a2</sup>
8250 ppm	38.8 <sup>a1</sup>	4.4 <sup>a2</sup>	6.8 <sup>a2</sup>	21 <sup>a1</sup>	0 <sup>a2</sup>

Medias con la misma letra en columna no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )

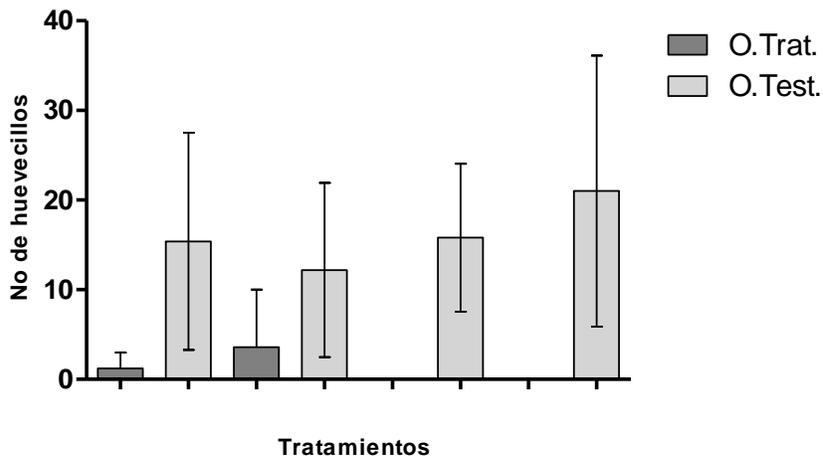
Medias con el mismo número en fila no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ ) n=5

**Gráfica 5. Promedio del número de insectos presentes en los tratamientos para cada concentración de ceniza**



IT: Insectos en grano tratado, IC: Insectos en Control (Testigo),  
IF: Insectos fuera

**Gráfica 6. Promedio de la oviposición en testigo y grano tratado con cada concentración de ceniza**



OTrat: Oviposición en grano tratado, OTest: Oviposición en testigo

La ceniza tuvo efectos repelentes tanto en el número de insectos presentes en el grano tratado como en la oviposición.

La presencia de la ceniza se hace evidente en el grano tratado con las concentraciones más altas (4125 ppm y 8250 ppm) ya que no presentaron ningún huevecillo y únicamente se presentó oviposición en las concentraciones más bajas (1031 ppm y 2063 ppm). Las medias de la oviposición de los testigos entre concentraciones no presentaron diferencia significativa. Del mismo modo, las medias de la emergencia no fueron significativamente diferentes con respecto a las medias de la oviposición en los testigos de cada concentración (cuadro 22).

**Cuadro 22. Valores promedio del número de huevecillos (oviposición) y emergencia de *Z. subfasciatus* en frijol control y frijol tratado con diferentes concentraciones de polvo de ceniza**

Tratamiento	Frijol tratado		Frijol control	
	Oviposición	Emergencia	Oviposición	Emergencia
1031ppm	1.2 <sup>a1</sup>	1.2 <sup>a1</sup>	15.4 <sup>a1</sup>	9.8 <sup>a1</sup>
2063ppm	3.6 <sup>a1</sup>	2.2 <sup>a1</sup>	12.2 <sup>a1</sup>	6.8 <sup>a1</sup>
4125ppm	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	15.8 <sup>a1</sup>	10.4 <sup>a1</sup>
8250ppm	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	21 <sup>a1</sup>	8.8 <sup>a1</sup>

Medias con la misma letra en columna no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )

Medias con el mismo número en fila no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  $n=5$

Se ha reportado que utilizando la ceniza de madera o de elote a una concentración del 1% y 5% se han combatido plagas de granos almacenados (S. García-Lara *et al*, 2007), sin embargo el efecto de repelencia y por consiguiente la no oviposición de *Z. subfasciatus* en este experimento se presentó a partir de las concentraciones de 0.41% y 0.82%, considerando a 0.41% como la concentración óptima para evitar la oviposición.

#### 4.1.7 Evaluación del efecto de caolín

Las medias del número de insectos presentes en el grano tratado con caolín y en los controles son significativamente diferentes. Las medias de los insectos entre concentraciones disminuyen conforme la concentración de caolín aumenta, siendo la concentración de 6835 ppm la que mayor repelencia tuvo en el polvo tratado y la que mayor número de insectos tuvo en su control (cuadro 23). Este efecto de repelencia se puede observar en el número de insectos de los controles, ya que conforme la dosis de polvo aumenta, la presencia de insectos disminuye en el frijol tratado (gráfica 7).

Las medias de la oviposición en el grano tratado y en el control fueron significativamente diferentes. La oviposición fue afectada por la presencia del polvo impregnado en el grano, presentando mayor oviposición en los controles

(cuadro 23). Conforme la concentración de polvo aumentó en el grano tratado la oviposición disminuyó, sin embargo en los controles se presentó la mayor oviposición para todos los tratamientos con sus respectivas concentraciones, determinando así que las concentraciones de 3193 ppm y 6835 ppm se pueden utilizar para el control de la oviposición de *Z. subfasciatus* obteniendo el mismo efecto (gráfica 8).

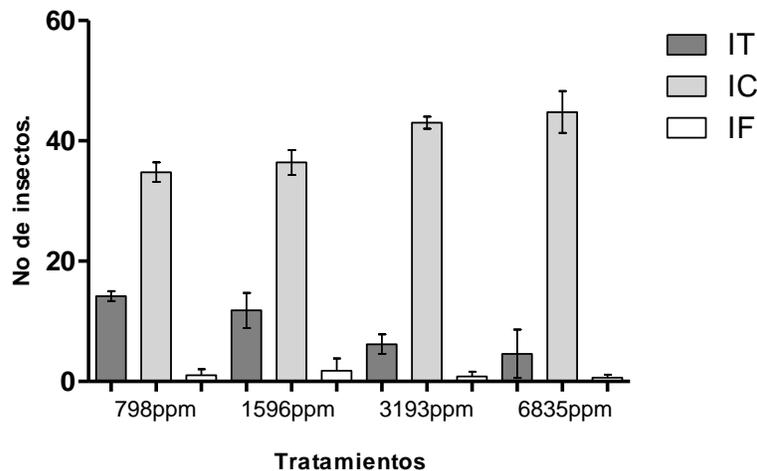
**Cuadro 23. Valores promedio del número de insectos presentes en grano tratado, control y afuera de los tratamientos; y oviposición de *Z. subfasciatus* en frijol control y tratado con diferentes concentraciones de polvo de caolín**

Tratamiento	Insectos presentes			Oviposición	
	Control	Tratado	Afuera	Control	Tratado
798 ppm	34.8 <sup>b1</sup>	14.2 <sup>a2</sup>	1 <sup>a3</sup>	42.4 <sup>ab 1</sup>	13 <sup>a2</sup>
1596 ppm	36.4 <sup>b1</sup>	11.8 <sup>a2</sup>	1.8 <sup>a3</sup>	39 <sup>b1</sup>	16 <sup>a2</sup>
3193 ppm	43 <sup>a1</sup>	6.2 <sup>b2</sup>	0.8 <sup>a3</sup>	62.4 <sup>a1</sup>	1 <sup>b2</sup>
6835 ppm	44.8 <sup>a1</sup>	4.6 <sup>b2</sup>	0.6 <sup>a2</sup>	52 <sup>ab 1</sup>	0 <sup>b2</sup>

Medias con la misma letra en columna no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )

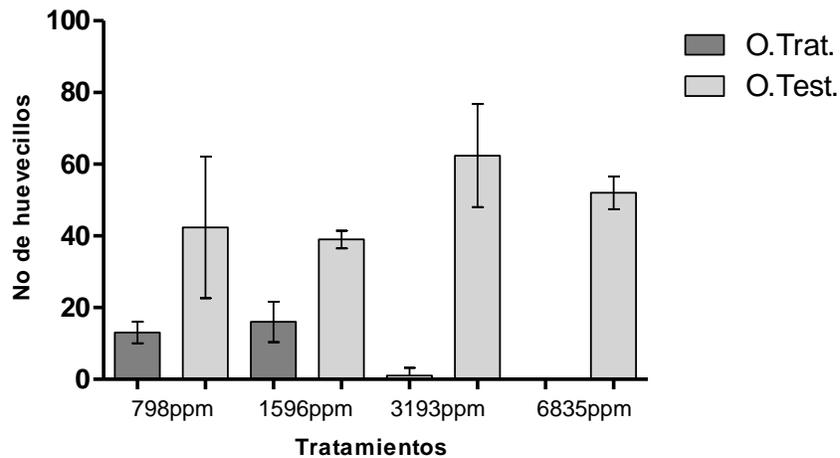
Medias con el mismo número en fila no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ ) n=5

**Gráfica 7. Promedio del número de insectos presentes en los tratamientos para cada concentración de caolín**



IT: Insectos en grano tratado, IC: Insectos en Control (Testigo),  
IF: Insectos fuera

**Gráfica 8. Promedio de la oviposición en testigo y grano tratado con cada concentración de caolín**



OTrat: Oviposición en grano tratado, OTest: Oviposición en testigo

La oviposición en el grano tratado entre concentraciones fue significativamente diferente, teniendo la mayor oviposición en las concentraciones más bajas correspondientes a 798 ppm y 1596 ppm con una media de 13.0 y 16.0 respectivamente. A pesar de la repelencia del polvo hacia el insecto, la emergencia con respecto a la oviposición no presentó diferencia significativa. La oviposición en los testigos entre concentraciones fue significativamente diferente, teniendo la mayor oviposición en las concentraciones de 3193 ppm y 6835 ppm con una media de 62.4 y 52.0 respectivamente. La alta oviposición en los testigos de estas dos concentraciones se debe al número de insectos presentes en dichos tratamientos con respecto al número de insectos en el grano tratado, siendo mayor la presencia de insectos en los testigos que en el grano tratado (cuadro 24).

**Cuadro 24. Valores promedio del número de huevecillos (oviposición) y emergencia de *Z. subfasciatus* en frijol control y frijol tratado con diferentes concentraciones de polvo de caolín**

Tratamiento	Frijol tratado		Frijol control	
	Oviposición	Emergencia	Oviposición	Emergencia
798ppm	13 <sup>a1</sup>	11.4 <sup>a1</sup>	42.4 <sup>ab 1</sup>	28.2 <sup>b1</sup>
1596ppm	16 <sup>a1</sup>	12.4 <sup>a1</sup>	39 <sup>b1</sup>	34.2 <sup>b2</sup>
3193ppm	1 <sup>b1</sup>	0.8 <sup>b1</sup>	62.4 <sup>a1</sup>	52 <sup>a1</sup>
6835ppm	0 <sup>b1</sup>	0 <sup>b1</sup>	52 <sup>ab 1</sup>	40.4 <sup>ab 2</sup>

Medias con la misma letra en columna no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )

Medias con el mismo número en fila no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  $n=5$

Los resultados obtenidos en otras publicaciones indican que a concentraciones del 10% de caolín se presenta mortalidad en los insectos, así como en la oviposición y en la emergencia de *Z. subfasciatus* (Iturralde-García, 2010), sin embargo este efecto de mortalidad no se presentó en la concentración de punto de saturación del grano de frijol (0.68%) utilizada en este trabajo, pero si se presentó una respuesta de repelencia por parte del insecto a partir de la concentración más baja (0.079%). Este efecto repelente también se observó en las concentraciones de 0.15%, 0.31% y 0.68%, esta última considerada como la de máxima saturación en el grano. Cabe mencionar que el efecto del polvo se observó en todas las concentraciones, lo cual nos da la certeza de aprovechar el producto aplicado, considerando a la concentración de 0.31% como la óptima para obtener una oviposición mínima.

#### **4.1.8 Evaluación del efecto del polvo de clavo *Syzygium aromaticum***

Las medias del número de insectos presentes en el grano tratado disminuyen conforme la concentración de clavo es más baja, presentando mayor repelencia en la concentración de 565 ppm del grano tratado (cuadro 25). Las medias del número de insectos presentes en grano tratado, en control y en la superficie del dispositivo presentan irregularidad debido al comportamiento del insecto observándose en las concentraciones de 1130 ppm, 2260 ppm y 4520 ppm, la

cual se puede explicar que debido a las altas concentraciones de clavo el insecto mostró la tendencia a escapar de la presencia del clavo, distribuyéndose por todo el dispositivo de doble elección (gráfica 9). El efecto del polvo causó mortalidad en los insectos que se encontraban en el grano tratado en todas las concentraciones.

Las medias de la oviposición en los controles y en frijol tratado con cada una de las concentraciones de polvo de clavo mostraron ser diferentes significativamente. La oviposición en los controles aumentó conforme la concentración de clavo disminuyó, teniendo la mayor oviposición en el control de la concentración de 565 ppm La oviposición en grano tratado para todas las concentraciones fue nula debido a que los insectos presentes en dichos tratamientos murieron a causa del clavo (gráfica 10).

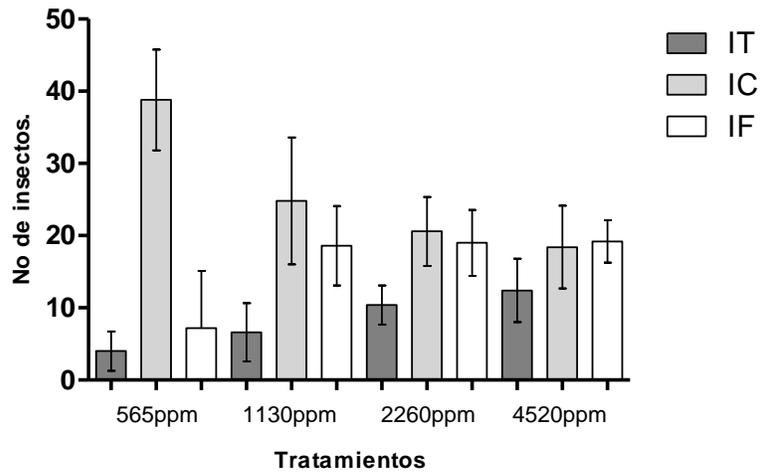
**Cuadro 25. Valores promedio del número de insectos presentes en grano tratado, control y afuera de los tratamientos; y oviposición de *Z. subfasciatus* en frijol control y tratado con diferentes concentraciones de polvo de clavo**

Tratamiento	Insectos presentes			Oviposición	
	Control	Tratado	Afuera	Control	Tratado
565 ppm	38.8 <sup>a1</sup>	4 <sup>b2</sup>	7.2 <sup>b2</sup>	19.4 <sup>a1</sup>	0 <sup>a2</sup>
1130 ppm	24.8 <sup>b1</sup>	6.6 <sup>ab 2</sup>	18.6 <sup>a1</sup>	9.8 <sup>a1</sup>	0 <sup>a2</sup>
2260 ppm	20.6 <sup>b1</sup>	10.4 <sup>ab 2</sup>	19 <sup>a1</sup>	4.8 <sup>a1</sup>	0 <sup>a2</sup>
4520 ppm	18.4 <sup>b1</sup>	12.4 <sup>a1</sup>	19.2 <sup>a1</sup>	1.6 <sup>a1</sup>	0 <sup>a2</sup>

Medias con la misma letra en columna no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )

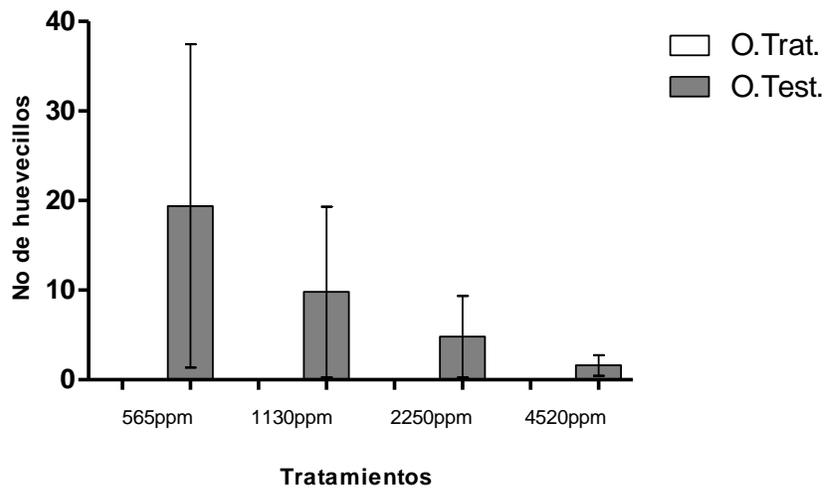
Medias con el mismo número en fila no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  $n=5$

**Gráfica 9. Promedio del número de insectos presentes en los tratamientos para cada concentración de clavo**



IT: Insectos en grano tratado, IC: Insectos en Control (Testigo),  
IF: Insectos fuera

**Gráfica 10. Promedio de la oviposición en testigo y grano tratado con cada concentración de clavo**



OTrat: Oviposición en grano tratado, OTest: Oviposición en testigo

Cabe mencionar que a pesar de que el polvo de clavo no estuvo en contacto directo con los controles, la oviposición y la emergencia de los insectos se vió afectada debido al fuerte aroma que desprendía el clavo en el interior del dispositivo. La oviposición fue afectada conforme la concentración de polvo fue en aumento, presentando la mayor oviposición en la concentración más baja (565 ppm); sin embargo, a pesar de haber tenido la mayor oviposición, el clavo afecto al 100% la emergencia de los insectos en todos los tratamientos de todas las concentraciones, tanto en grano no tratado (control) como en grano tratado (cuadro 26) (gráfica 11).

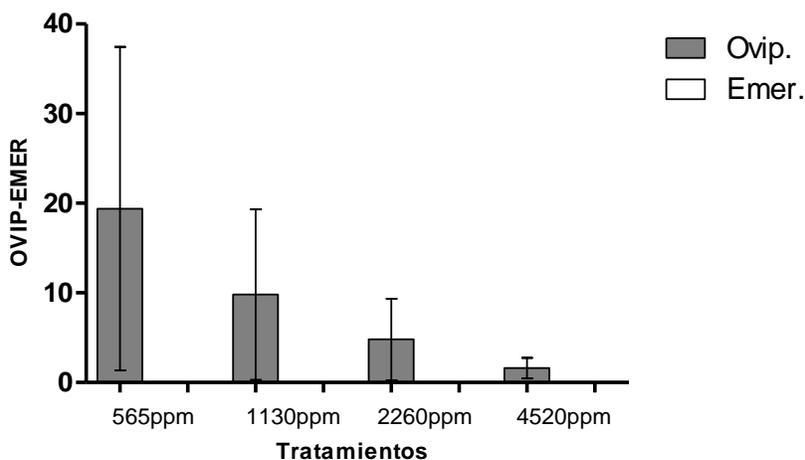
**Cuadro 26. Valores promedio del número de huevecillos (oviposición) y emergencia de *Z. subfasciatus* en frijol control y frijol tratado con diferentes concentraciones de polvo de clavo**

Tratamiento	Frijol tratado		Frijol control	
	Oviposición	Emergencia	Oviposición	Emergencia
565ppm	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	19.4 <sup>a1</sup>	0 <sup>a2</sup>
1130ppm	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	9.8 <sup>a1</sup>	0 <sup>a2</sup>
2260ppm	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	4.8 <sup>a1</sup>	0 <sup>a2</sup>
4520ppm	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	1.6 <sup>a1</sup>	0 <sup>a2</sup>

Medias con la misma letra en columna no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )

Medias con el mismo número en fila no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ ) n=5

**Gráfica 11. Promedio de la oviposición y emergencia en control de cada concentración de clavo**



Ovip: Oviposición, Emer: Emergencia.

Silva (2006) reporta que en los picudos de maíz a concentraciones del 1% de polvo de clavo no existe efecto insecticida, pero si se ve afectada en un 50% la emergencia de los insectos. Para el caso de *Z. subfasciatus* a concentraciones del 0.056% no hay oviposición por parte del insecto en los granos, además de presentarse mortalidad en esta concentración. Para el caso particular de clavo en donde los testigos de las concentraciones hubo oviposición, la emergencia se vió afectada por la presencia del clavo en el dispositivo de libre elección.

#### 4.1.9 Evaluación del efecto de tierra diatomea

Las medias del número de insectos presentes en el grano tratado entre concentraciones no mostraron ser diferentes significativamente (cuadro 27), sin embargo las medias del número de insectos en grano tratado con respecto al número de insectos presentes en los controles son diferentes significativamente, mostrando repelencia en todas las concentraciones del polvo hacia el insecto debido a un efecto abrasivo (gráfica 12). Las medias de la oviposición en grano tratado y en testigo presentaron diferencia significativa. Se presentó mortalidad en los insectos presentes en grano tratado con la tierra diatomea, por lo que la oviposición en dichos tratamientos fue nula, presentándose oviposición únicamente en los controles (gráfica 13).

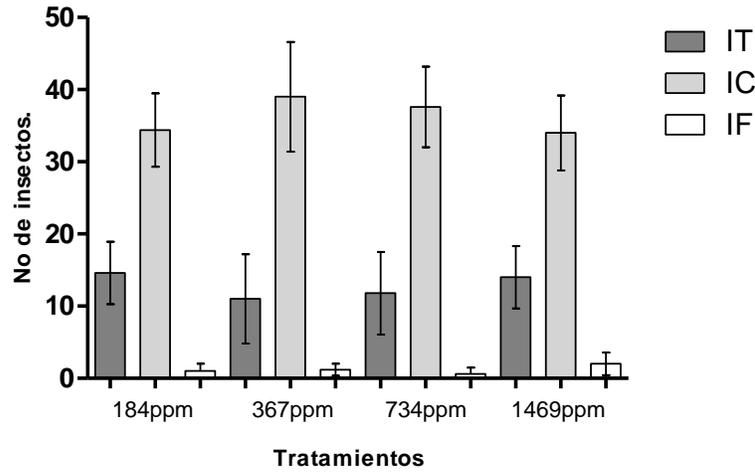
**Cuadro 27. Valores promedio del número de insectos presentes en grano tratado, control y afuera de los tratamientos; y oviposición de *Z. subfasciatus* en frijol control y tratado con diferentes concentraciones de polvo de tierra diatomea**

Tratamiento Concentración	Insectos presentes			Oviposición	
	Control	Tratado	Afuera	Control	Tratado
184 ppm	34.4 <sup>a1</sup>	14.6 <sup>a2</sup>	1 <sup>a3</sup>	15.6 <sup>a1</sup>	0 <sup>a2</sup>
367 ppm	39 <sup>a1</sup>	11 <sup>a2</sup>	1.2 <sup>a3</sup>	14.6 <sup>a1</sup>	0 <sup>a2</sup>
734 ppm	37.6 <sup>a1</sup>	11.8 <sup>a2</sup>	0.6 <sup>a3</sup>	14.6 <sup>a1</sup>	0 <sup>a2</sup>
1469 ppm	34 <sup>a1</sup>	14 <sup>a2</sup>	2 <sup>a3</sup>	15 <sup>a1</sup>	0 <sup>a2</sup>

Medias con la misma letra en columna no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )

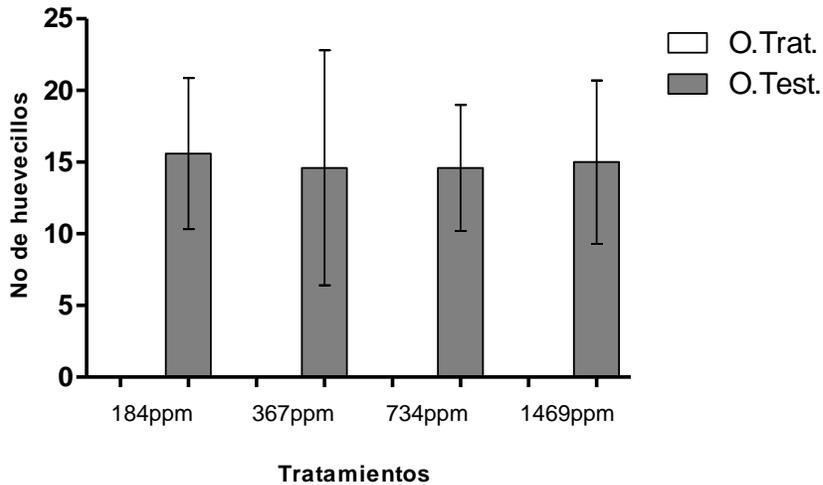
Medias con el mismo número en fila no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  $n=5$

**Gráfica 12. Promedio del número de insectos presentes en los tratamientos para cada concentración de tierra diatomea**



IT: Insectos en grano tratado, IC: Insectos en Control (Testigo),  
IF: Insectos fuera

**Gráfica 13. Promedio de la oviposición en testigo y grano tratado con cada concentración de tierra diatomea**



OTrat: Oviposición en grano tratado, OTest: Oviposición en testigo

La oviposición en grano tratado para todas las concentraciones fue nula debido a que los insectos presentes en dichos tratamientos presentaron mortalidad conforme la concentración de tierra diatomea incrementaba, ocasionando 100%

de mortalidad en las concentraciones más altas (734 ppm y 1469 ppm) (cuadro 28).

Las medias de la oviposición de los testigos entre concentraciones no mostraron ser diferentes significativamente, de igual manera las medias de la emergencia con respecto a la oviposición no mostraron diferencia significativa.

**Cuadro 28. Valores promedio del número de huevecillos (oviposición) y emergencia de *Z. subfasciatus* en frijol control y frijol tratado con diferentes concentraciones de polvo de tierra diatomea**

Tratamiento	Frijol tratado		Frijol control	
	Oviposición	Emergencia	Oviposición	Emergencia
184ppm	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	15.6 <sup>a1</sup>	10.6 <sup>a1</sup>
367ppm	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	14.6 <sup>a1</sup>	9.8 <sup>a1</sup>
734ppm	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	14.6 <sup>a1</sup>	7.8 <sup>a1</sup>
1469ppm	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	15 <sup>a1</sup>	10.8 <sup>a1</sup>

Medias con la misma letra en columna no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )

Medias con el mismo número en fila no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  $n=5$

Korunic (1998) reportó mortalidad del 100% en Tierra Diatomea en concentraciones del 1% en distintas especies de insectos en granos almacenados y en distintos periodos de tiempo. En este estudio el efecto insecticida fue incrementando conforme la concentración de tierra diatomea aumentó, de tal forma que se consideró a la dosis 734 ppm como una alternativa para obtener efecto de mortalidad por abrasión adecuada, evitando así una alta oviposición. El efecto repelente se observó en todas las concentraciones, de tal forma que tanto la concentración más baja (0.018%) como la más alta presentan el mismo efecto. Para el caso particular de tierra diatomea no es posible recomendar alguna concentración que muestre con claridad algún efecto repelente. El uso de tierra diatomea como protector de grano es utilizado en Canadá. La tierra diatomea matan a los insectos por abrasión y la desecación cuando las grasas se eliminan

de la cutícula del insecto y el insecto no pueden regular la pérdida de agua (White, 1995).

#### 4.2 Evaluación del efecto de las concentraciones de los polvos de origen vegetal y mineral en la oviposición y emergencia de adultos de *Z. subfasciatus* en pruebas de exposición forzada

En esta etapa del trabajo se estudió el efecto de los polvos vegetales y minerales para determinar su efecto únicamente en los parámetros de oviposición y emergencia, y no se evaluó su efecto en el comportamiento debido a la naturaleza del experimento, en el cual los insectos permanecieron el periodo de oviposición confinados con el grano sin tener otra respuesta de preferencia.

##### 4.2.1 Evaluación del efecto del polvo de anona *Annona* sp.

Las medias de la oviposición entre concentraciones no presentaron diferencia significativa. Como se puede observar la oviposición en el grano tratado con el polvo de anona y el testigo no mostraron ser significativamente diferente, lo cual indica que el polvo no mostró efecto sobre la oviposición y la emergencia del insecto (cuadro 29).

**Cuadro 29. Medias de oviposición y emergencia en testigo y grano tratado con anona**

Concentración	Oviposición	Emergencia
Testigo	4.7 <sup>a1</sup>	4.4 <sup>a1</sup>
55 ppm	3.1 <sup>a1</sup>	2.4 <sup>a1</sup>
110 ppm	1.6 <sup>a1</sup>	1.5 <sup>a1</sup>
220 ppm	2.8 <sup>a1</sup>	2.7 <sup>a1</sup>
440 ppm	3.8 <sup>a1</sup>	3.3 <sup>a1</sup>

Medias con la misma letra en columna no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  
 Medias con el mismo número en fila no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  $n=10$

#### 4.2.2 Evaluación del efecto del polvo de boldo *Peumus boldus*

La oviposición en el grano tratado con el polvo de boldo entre concentraciones, incluyendo al testigo, no mostró ser diferentes significativamente. La emergencia no fue significativamente diferente con respecto a la oviposición en el testigo y en cada concentración de polvo de boldo, lo cual indica que las concentraciones de polvo de boldo en estudio no afectaron la oviposición y la emergencia del insecto (cuadro 30).

**Cuadro 30. Medias de oviposición y emergencia en testigo y grano tratado con boldo**

Concentración	Oviposición	Emergencia
Testigo	9 <sup>a1</sup>	8.6 <sup>a1</sup>
44 ppm	10 <sup>a1</sup>	8.1 <sup>a1</sup>
88 ppm	8.9 <sup>a1</sup>	8.1 <sup>a1</sup>
175 ppm	11.2 <sup>a1</sup>	9.7 <sup>a1</sup>
350 ppm	10.3 <sup>a1</sup>	9.2 <sup>a1</sup>

Medias con la misma letra en columna no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  
Medias con el mismo número en fila no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  $n=10$

#### 4.2.3 Evaluación del efecto del polvo de ilama *Annona diversifolia*

Las medias de la oviposición entre concentraciones de grano tratado con polvo de ilama y en testigo no mostraron ser significativamente diferentes. El polvo de ilama, en sus distintas concentraciones no afectó los parámetros de oviposición y emergencia, ya que no presentaron diferencia al ser comparados (cuadro 31).

**Cuadro 31. Medias de oviposición y emergencia en testigo y grano tratado con ilama**

Concentración	Oviposición	Emergencia
Testigo	9.5 <sup>a1</sup>	8.1 <sup>a1</sup>
76 ppm	6.1 <sup>a1</sup>	5.7 <sup>a1</sup>
153 ppm	6.3 <sup>a1</sup>	5.9 <sup>a1</sup>
350 ppm	7.9 <sup>a1</sup>	6.8 <sup>a1</sup>
610 ppm	6.9 <sup>a1</sup>	6.2 <sup>a1</sup>

Medias con la misma letra en columna no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  
 Medias con el mismo número en fila no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  $n=10$

#### 4.2.4 Evaluación del efecto del polvo de lantana *Lantana cámara*

Las medias de la oviposición en grano tratado con lantana y en su respectivo testigo no mostraron ser significativamente diferentes. Dichas medias de la oviposición no disminuyeron o aumentaron con respecto a las distintas concentraciones, por lo que el polvo de lantana no afectó los parámetros evaluados (cuadro 32).

**Cuadro 32. Medias de oviposición y emergencia en testigo y grano tratado con lantana**

Concentración	Oviposición	Emergencia
Testigo	7.1 <sup>a1</sup>	5.6 <sup>a1</sup>
59 ppm	7.2 <sup>a1</sup>	6.2 <sup>a1</sup>
118 ppm	4.1 <sup>a1</sup>	3.6 <sup>a1</sup>
235 ppm	7.8 <sup>a1</sup>	5.5 <sup>a1</sup>
470 ppm	5.9 <sup>a1</sup>	4.5 <sup>a1</sup>

Medias con la misma letra en columna no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  
 Medias con el mismo número en fila no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  $n=10$

#### 4.2.5 Evaluación del efecto del polvo de chícharo *Pisum sativum*

Las medias de la oviposición en grano tratado con polvo de chícharo y en testigo no mostraron ser significativamente diferentes. La emergencia de cada concentración de polvo y testigo no presentó diferencia significativa con respecto a

la oviposición de cada concentración, lo que indica que las concentraciones de polvo de chicharo en estudio no afectaron los parámetros de oviposición y emergencia (cuadro 33).

**Cuadro 33. Medias de oviposición y emergencia en testigo y grano tratado con chicharo**

<b>Concentración</b>	<b>Oviposición</b>	<b>Emergencia</b>
Testigo	14.1 <sup>a1</sup>	12.7 <sup>a1</sup>
719 ppm	15 <sup>a1</sup>	8.3 <sup>a1</sup>
1438 ppm	14.2 <sup>a1</sup>	8.9 <sup>a1</sup>
2875 ppm	14.2 <sup>a1</sup>	11.5 <sup>a1</sup>
5750 ppm	14.5 <sup>a1</sup>	12.2 <sup>a1</sup>

Medias con la misma letra en columna no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  
 Medias con el mismo número en fila no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  $n=10$

#### 4.2.6 Evaluación del efecto de caolín

Las medias de la oviposición en grano tratado con polvo de caolín y en testigo presentaron diferencia significativa. La oviposición se vio afectada conforme las concentraciones de caolín aumentaron, presentando la mayor oviposición en el testigo con una media de 8.6. A excepción de la concentración de 798 ppm donde se presentó una media de oviposición de 1.3, las medias de la oviposición en las concentraciones más altas fueron nulas, afectando el 100% a la oviposición a partir de la concentración de 1596 ppm. La emergencia en la concentración de 798 ppm no presentó diferencia significativa con respecto a la oviposición. Del mismo modo la emergencia en testigo no presentó diferencia significativa con respecto a la oviposición (cuadro 34).

**Cuadro 34. Medias de oviposición y emergencia en testigo y grano tratado con caolín**

Concentración	Oviposición	Emergencia
Testigo	8.6 <sup>a1</sup>	8 <sup>a1</sup>
798 ppm	1.3 <sup>b1</sup>	1.2 <sup>b1</sup>
1596 ppm	0 <sup>b1</sup>	0 <sup>b1</sup>
3193 ppm	0 <sup>b1</sup>	0 <sup>b1</sup>
6835 ppm	0 <sup>b1</sup>	0 <sup>b1</sup>

Medias con la misma letra en columna no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  
 Medias con el mismo número en fila no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  $n=10$

#### 4.2.7 Evaluación del efecto del polvo de orégano *Origanum vulgare*

Las medias de la oviposición en grano tratado con orégano y en testigo presentaron diferencia significativa, presentando la mayor oviposición en testigo. La oviposición en el grano tratado con las distintas concentraciones se vió afectada conforme dichas concentraciones aumentaron, presentando la oviposición más baja en la concentración alta (4710 ppm). A pesar de la baja oviposición en el grano tratado, la emergencia no se vió afectada por el polvo de orégano al no haber diferencia significativa entre la emergencia y su respectiva oviposición (cuadro 35).

**Cuadro 35. Medias de oviposición y emergencia en testigo y grano tratado con orégano**

Concentración	Oviposición	Emergencia
Testigo	9 <sup>a1</sup>	8.6 <sup>a1</sup>
589 ppm	2.1 <sup>b1</sup>	1.7 <sup>b1</sup>
1178 ppm	1.8 <sup>b1</sup>	1.3 <sup>b1</sup>
2355 ppm	1.8 <sup>b1</sup>	1.7 <sup>b1</sup>
4710 ppm	0.2 <sup>b1</sup>	0.2 <sup>b1</sup>

Medias con la misma letra en columna no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  
 Medias con el mismo número en fila no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  $n=10$

#### 4.2.8 Evaluación del efecto de ceniza

Las medias de la oviposición en grano tratado con ceniza y en testigo presentaron diferencia significativa. La oviposición se vió afectada conforme las concentraciones de ceniza aumentaron, presentando la mayor oviposición en el testigo con una media de 6.8. Sin embargo en las concentraciones de 1031 ppm, 2063 ppm y 4125 ppm se presentó oviposición con medias de 0.3, 0.2 y 0.1 respectivamente, lo que indica que conforme la concentración de ceniza aumentaba la oviposición disminuía sin que la emergencia se viera afectada. Cabe mencionar que en la concentración de 8250 ppm no se presentó oviposición ya que hubo 100% de mortalidad del insecto (cuadro 36).

**Cuadro 36. Medias de oviposición y emergencia en testigo y grano tratado con ceniza**

Concentración	Oviposición	Emergencia
Testigo	6.8 <sup>a1</sup>	5.7 <sup>a1</sup>
1031 ppm	0.3 <sup>b1</sup>	0.1 <sup>b1</sup>
2063 ppm	0.2 <sup>b1</sup>	0.1 <sup>b1</sup>
4125 ppm	0.1 <sup>b1</sup>	0 <sup>b2</sup>
8250 ppm	0 <sup>b1</sup>	0 <sup>b1</sup>

Medias con la misma letra en columna no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  
Medias con el mismo número en fila no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  $n=10$

#### 4.2.9 Evaluación del efecto del polvo de clavo *Syzygium aromaticum*

Las medias de la oviposición en grano tratado con clavo y en testigo presentaron diferencia significativa, presentando oviposición únicamente en testigo. La oviposición en grano tratado con clavo se vió afectada a partir de la concentración mas baja (565 ppm), presentando mortalidad en todas las concentraciones, lo cual justifica la nula oviposición. El 100% de mortalidad se presentó en las concentraciones de 2260 ppm y 4520 ppm (cuadro 37).

**Cuadro 37. Medias de oviposición y emergencia en testigo y grano tratado con clavo**

Concentración	Oviposición	Emergencia
Testigo	7 <sup>a1</sup>	6.4 <sup>a1</sup>
565 ppm	0 <sup>b1</sup>	0 <sup>b1</sup>
1130 ppm	0 <sup>b1</sup>	0 <sup>b1</sup>
2260 ppm	0 <sup>b1</sup>	0 <sup>b1</sup>
4520 ppm	0 <sup>b1</sup>	0 <sup>b1</sup>

Medias con la misma letra en columna no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  
 Medias con el mismo número en fila no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  $n=10$

#### 4.2.10 Evaluación del efecto de tierra diatomea

Las medias de la oviposición en grano tratado con tierra diatomea y en testigo presentaron diferencia significativa, presentando oviposición únicamente en testigo. La oviposición en grano tratado con tierra diatomea se vió afectada a partir de la concentración más baja (184 ppm), presentando mortalidad en todas las concentraciones, lo cual justifica la nula oviposición. El 100% de mortalidad se presentó en las concentraciones de 734 ppm y 1469 ppm (cuadro 38).

**Cuadro 38. Medias de oviposición y emergencia en testigo y grano tratado con tierra diatomea**

Concentración	Oviposición	Emergencia
Testigo	8.9 <sup>a1</sup>	6.4 <sup>a1</sup>
184 ppm	0 <sup>b1</sup>	0 <sup>b1</sup>
367 ppm	0 <sup>b1</sup>	0 <sup>b1</sup>
734 ppm	0 <sup>b1</sup>	0 <sup>b1</sup>
1469 ppm	0 <sup>b1</sup>	0 <sup>b1</sup>

Medias con la misma letra en columna no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  
 Medias con el mismo número en fila no son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ )  $n=10$

Los polvos de anona, boldo, ilama, lantana y chícharo no mostraron efecto alguno en los parámetros de oviposición y emergencia, ya que los resultados no mostraron ser diferentes con respecto a los testigos de cada polvo.

Los polvos caolín, ceniza, clavo, orégano y tierra diatomea tuvieron muy buena respuesta al afectar la oviposición a partir de las concentraciones más bajas.

Aunque en este trabajo no se consideró evaluar el efecto de mortalidad como objetivo, cabe mencionar que el polvo de clavo tuvo efectos tóxicos; la tierra diatomea y el caolín también tuvieron efectos de mortalidad debido a su acción abrasiva sobre el insecto, ocasionando deshidratación que provoca la muerte de los mismos.

#### **4.3 Evaluación del efecto de la máxima concentración de cada polvo de origen vegetal y mineral en la germinación del grano de frijol**

La germinación de los granos de frijol no fue afectada por los distintos polvos vegetales y minerales. La dosis utilizada para impregnar el grano de frijol fue la más alta de cada polvo, exponiendo a los granos con el polvo en un periodo de 6 meses, considerando que es el tiempo en que el frijol es mantenido bajo condiciones de almacén hasta la siguiente siembra.

La germinación fluctuó entre el 94% y 100%, la cual no presenta diferencia significativa entre la germinación inicial del grano con respecto a la germinación del grano tratado con los distintos polvos (cuadro 39).

**Cuadro 39. Medias de germinación en testigo y semilla tratada con cada polvo vegetal y mineral**

	G. I.	anona	boldo	caolín	ceniza	clavo	ilama	lantana	orégano	chícharo	t. diatomea
% Germ.	99 <sup>a</sup>	96 <sup>a</sup>	96 <sup>a</sup>	99 <sup>a</sup>	98 <sup>a</sup>	97 <sup>a</sup>	97 <sup>a</sup>	97 <sup>a</sup>	99 <sup>a</sup>	94 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>

G.I: Germinación inicial.

Medias con diferente letra son significativamente diferentes  $p < 0.05$   $n=3$ .

Los polvos que tuvieron efectos repelentes e insecticidas se pueden utilizar como una alternativa para el control de *Z. subfasciatus* sin que la germinación de la semilla se vea afectada.

## 5. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en el presente trabajo se concluye lo siguiente:

- El dispositivo diseñado para este trabajo funcionó de una forma aceptable, ya que al ofrecer la misma variedad de grano de frijol dentro del dispositivo, el insecto tuvo libre movilidad eligiendo ambos tratamientos.
- Los polvos de anona, ilama y lantana no tuvieron efecto de repelencia ni de atracción ni sobre la oviposición y emergencia de *Z. subfasciatus* en pruebas de libre elección.
- Se presentó en pruebas de doble elección, utilizando polvo de boldo, una posible atracción por parte del insecto hacia dicho polvo, observándose una diferencia en el número de insectos presentes en grano tratado con respecto al número de insectos presentes en testigos. Sin embargo no es posible concluir si el polvo de boldo realmente tiene efectos atrayentes sobre *Z. subfasciatus*.

- Para el caso del polvo de chícharo los datos sugieren un posible efecto repelente en contra de *Z. subfasciatus* en las concentraciones de 0.14% y 0.57%. Sin embargo no es posible concluir si realmente existe un efecto de repelencia, ya que la oviposición en el grano tratado con respecto a la oviposición de los testigos no presentó diferencia significativa.
- Existen efectos de repelencia y baja oviposición en pruebas de doble elección utilizando orégano. Estos efectos se observaron a partir de la concentración de 0.11%, obteniendo el mayor efecto repelente y baja oviposición en la concentración de 0.47%.
- El efecto de la ceniza en pruebas de doble elección tuvo efectos de repelencia y baja oviposición a partir de las concentraciones más altas, por lo que a partir de la concentración de 0.41% se puede proteger al grano de frijol, obteniendo el mismo efecto de repelencia y baja oviposición con la concentración máxima de punto de saturación (0.82%).
- Al evaluar el polvo de caolín en pruebas de doble elección se observó efectos de repelencia y baja oviposición. Este efecto ocurrió en las concentraciones más altas (0.31% y 0.68%), por lo que a partir de la concentración 0.31% se puede obtener un efecto repelente y una oviposición baja, protegiendo al grano de frijol y aprovechando al máximo el polvo de caolín teniendo los mismos efectos con la concentración máxima de punto de saturación (0.68%).
- Al evaluar Tierra Diatomea se observó un posible efecto de repelencia en todas las concentraciones utilizadas. Se observó un efecto en la oviposición por parte de los insectos en los tratamientos con grano tratado, afectando al 100% la oviposición en grano tratado a partir de la concentración más baja (0.018%), siendo esta concentración recomendable para obtener una oviposición baja de *Z. subfasciatus*.

- El uso de las plantas de anona, boldo, ilama, lantana y chícharo en pruebas de exposición forzada no afectó la oviposición ni la emergencia de los huevecillos. Del mismo modo ningún polvo con sus respectivas concentraciones ocasionaron efecto de toxicidad en los insectos.
- Los polvos de caolín, ceniza, clavo, orégano y tierra diatomea afectaron la oviposición y emergencia en sus concentraciones más bajas en los bioensayos de exposición forzada.
- Los polvos de ceniza, clavo y tierra diatomea ocasionaron mortalidad conforme las concentraciones aumentaban, presentando una mortalidad del 100% en sus concentraciones más altas (0.82%, 0.45% y 0.14% respectivamente).
- Tanto los polvos vegetales y minerales bajo estudio, no afectaron la germinación de la semilla de frijol tratado con las concentraciones más altas de dichos polvos por un periodo de seis meses.
- El uso de caolín a concentraciones de 0.31% ocasiona un efecto de baja oviposición y por consiguiente provoca baja emergencia del insecto, además de que caolín no tiene efectos tóxicos que ocasionen la muerte del mismo, por lo que se concluye que el polvo de caolín fue el mejor polvo para controlar a *Z. subfasciatus* en pruebas de libre elección y exposición forzada.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

1. Arias, J. H., Martínez, T. y Carmona, M. 2007. Manual técnico: Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la producción de frijol voluble. Gobernación de Antioquia, MANA, CORPOICA, Centro de Investigación “La Selva”, FAO.
2. Barrera, J. F., Toledo, J., Infante, F. 2008. Cap 1 Manejo integrado de plagas: conceptos y estrategias. pp 13-32. In: Manejo integrado de plagas, J. Toledo, F. Infante, Primera Edición, Editorial Trillas, Mexico.
3. Borror, D.J., CH, A. Triplehorn, and N. F. Janson., 1992. An introduction to the study of insect. Harcourt Brace College Publishers. Six ted. Philadelphia, Pa. (USA). 875 P.
4. Braccini, A., Picanço, M., 1995. Manejo integrado de pragas do feijoeiro no armazenamento. Revista Brasileira de Armazenamento. Vol. 20, p 37-43.
5. Busvine, J.R. 1971. A critical review of the techniques for testine insecticides. C.A.B. pp. 126, 127, 128.
6. Cabrera, M. 2007. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la calidad del frijol (*Phaseolus vulgaris*) almacenado en la Escuela Agrícola Panamericana. Proyecto Especial de Graduación del Programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria. Zamorano, Honduras. 23 p.
7. Cardona, C., 1994. Insectos y otras plagas invertebradas en frijol en América Latina. Insectos de grano almacenado. In: Problemas de Producción del Fríjol en los Trópicos. Pastor-Corrales, M y Schwartz, H. F (eds). Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT. Cali-CO. 734 p.
8. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, CIMMYT., 2007. Manual de plagas en granos almacenados y tecnologías alternas para su manejo y control.
9. Coast, J.R., 1994. Risks from natural versus synthetic insecticides. Ann. Rev. of Entomol. 39:489-515.
10. Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria, COVECA., 2011. MONOGRAFÍA DEL FRIJOL < portal.veracruz.gob.mx >, Abril 2012.

11. Cremllyn, R. 1982. Plaguicidas modernos y su acción bioquímica. Ed. Limusa. pp. 141, 143, 146.
12. Davidson, H., Lyon, F., 1992. Plagas de Insectos Agrícolas y del Jardín. Editorial Limusa, pp 16, 105-112, 117-132.
13. D' Antonio, L. 1997. Principais pragas de graos armazenados. In: Armazenamento de graos e sementes nas propriedaes rurais. XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Campina Grande. Paraiba. Brasil p 189-291.
14. Dua, V.K., N.C. Gupta, A.C. Pandey and V.P. Sharma. 1996. Repellency of *Lantana camara* (Verbenaceae) flowers against *Aedes* mosquitoes. J. Am Mosq. Control Assoc 12:406-408.
15. Fields, P., W. Muir. 1996. Physical control. In: Integrated Management of insects in stored products. Subramanyam, B. y D. Hagstrum (Eds). Marcel Dekker, Inc. New York. USA p 195-222.
16. Financiera Rural. 2011. Monografía del frijol. <[www.financierarural.gob.mx](http://www.financierarural.gob.mx)>, Marzo 2012.
17. Flint, M. L. y R. van den Bosch. Introduction to integrated pest management, Plenum Press, EU, 1981.
18. García-Lara S., Espinosa Carrillo C., Bergvinson D.J., 2007. Manual de plagas en granos almacenados y tecnologías alternas para su manejo y control. México, D.F.: CIMMYT. 55 pp.
19. Garcia-Oviedo, J. A. 2007. Elabora IPN frijol instantáneo altamente nutritivo. (Nota periodística.) El Universal. Edición: 03/Abril/2007. Disponible en: <http://www.eluniversal.com.mx/articulos/39081.html>.
20. Glosario de términos fitosanitarios de la FAO, Boletín fitosanitario de la FAO, 38 (1) 1990: 5-23.
21. Golob, P., C. Hanks. 1990. Protection of farm stored maize against infestation by *Prostephanus truncatus* (HORN) and *Sitophilus* species in Tanzania. J. Stored Prod. Res. 26(4):187-198.
22. González, U. 1995. El maíz y su conservación. Editorial Trillas, México D.F. 399 p.

23. Guerrero, J. 1999. Factores relacionados con la conservación de granos almacenados. Publicación docente N° 19. Universidad de La Frontera. Temuco.
24. Guzman-Maldonado, S.H., Paredes-Lopez, O. 1999. Biotechnology for the improvement of nutritional quality of food crop plants. In *Molecular Biotechnology for Plant Food Production*. Paredes-Lopez, O. (ed.). Technomic Publishing Co., Inc. Lancaster PA. pp. 553-620.
25. Hernández, A. y Carballo, A. 2000. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Subsecretaría de Desarrollo Rural Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural. Secretaria de agricultura, Ganadería, Desarrollo rural pesca y alimentación. México
26. Horn, D.J. 1988. *Ecological Approach to Pest Management*. The Guilford Press. New York, N.Y. p 6.
27. Iturralde-Garcia, R.D., Borboa-Flores, J., Wong-Corral, F.S., Cinco-Moroyoqui, F.J., Barron-Hoyos, J.M. 2010. Control de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) en frijol utilizando polvos minerales. Memorias del VII Congreso del Noreste y III Nacional de Ciencias Alimentarias y Biotecnología., Hermosillo, Sonora. 479-490 pp.
28. Juárez, F.B. 1998. Especies silvestres de la familia Compositae con actividad sobre gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Agronomía; tesis de maestría en Ciencias Agropecuarias; San Luis Potosí, México. 2, 3, 4, 6, 7 p.
29. Korunic, Z. 1998. Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. *J. Stored Product Research* 34(2/3):87-97.
30. Lagunes, A., C. Rodríguez H. 1989. Búsqueda de tecnología apropiada para el combate de plagas del maíz almacenado en condiciones rústicas. CONACYT. Colegio de Postgraduados, México. 150 p.
31. Lagunes, A. 1994. Uso de extractos y polvos vegetales y polvos minerales para el combate de plagas del maíz y del frijol en la agricultura de

- subsistencia. Colegio de postgraduados. USAID, CONACYT, BORUCONSA. Texcoco. México. 35 p.
32. Larraín, P., 1994. Manejo Integrado de Plagas en Granos Almacenados. IPA La Platina 10-16, 81.
33. Leonard, D., 1981. Cultivos tradicionales. (Traducción al Español). Disponible en: [http://www.fastonline.org/CD3WD\\_40/HLTHES/PC/M0035S/ES/M0035S00.HTM](http://www.fastonline.org/CD3WD_40/HLTHES/PC/M0035S/ES/M0035S00.HTM).
34. López PE; C Rodríguez H; LD Ortega A; R Garza G (2007). Actividad biológica de la raíz de *Senecio salignus* contra *Zabrotes subfasciatus* en frijol almacenado. *Agrociencia* 41(1): 95-102.
35. Lucca, A., M. Picanção., 1995. Manejo integrado de plagas do feijoeiro no armazenamento. *Rev. Brasileira de armazenamento* 20(1/2):37-43.
36. Martínez, S. G., Gutiérrez, J. L. 2008. Cap 17 Cuarentena vegetal: una estrategia de prevención de plagas. In *Manejo integrado de plagas*, J. Toledo, F. Infante, Primera Edición, Editorial Trillas, México.
37. Matthews, G. A., *Pest management*, Logman, Gran Bretaña, 1984.
38. Metcalf, R.L., 1980. *Insectos destructivos e insectos útiles. Sus costumbres y su control*. Campaña Edit. Continental S.A., México.
39. Metcalf, R.L. y E.R. Metcalf., 1992. *Plant kairomones in insect ecology and control*. Chapman and Hall. New York. USA. P 169.
40. Metcalf, R.L., 1994. *Insecticides in Pest Management*. pp 245- 314. In *Introduction to Insect Pest Management*. Metcalf, R.L. and Luckman W.H. eds. 3ra edition. John Will & Sons INC, New York.
41. Metcalf, R.L. and Metcalf, R.A., 1994. *Attractans , repellents and genetic control in pest management*. pp 315- 354. In: *Introduction to Insect Pest Management*. Metcalf, R.L. and Luckman W.H. eds. 3ra edition. John Will & Sons INC, New York.
42. Núñez, P. 2005. Control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky con polvos de *Chenopodium ambrosioides* L. y *Peumus boldus* Mol. solos y en mezcla con

- carbonato de calcio. Tesis Ingeniero Agronomo. Universidad de Concepcion. 29 p.
43. Obeng-Ofori, D., C, Reichmuth. 1997. Bioactivity of eugenol, a major component of essential oil of *Ocimum suave* (Wild.) against four species of stored-product coleopteran. Internatinal Journal of Pest Manegement 43(1):89-94.
  44. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion (FAO). 1998. Les mycotoxines dans les grains. Roma: FAO Edition.
  45. Pacheco, D. 1994. Trends in world common bean productions. Pag 1-8 In: Beans productions problems in the tropic. Schawartz, H.F. y Pastor-Corrales, M.A., 3nd edition. CIAT. Calí-Colombia.
  46. Páez, A., A. Lagunes, J.L. Carrillo, J.C. Rodríguez., 1990. Polvos vegetales y minerales para el combate del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera:Curculionidae) en maíz almacenado. Agrocienca (México) 1: 35-46.
  47. Procopio, S.D, J.D. Vendramin., J. Ribeiro, J. Barbosa. 2003. Bioactividade de diversos pós de origem vegetal relação a *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae) Ciencia e Agrotecnologia 27(6): 1231-1236.
  48. Reynolds, H.T. 1962. Standardized laboratory detection methods for resistance delection in agriculture arthropods pest. Ball. Entomol. Soc. Amer. pp. 8, 9-14.
  49. Rodríguez del Bosque, L. A. 2008. Cap. 2 Fundamentos ecológicos del manejo integrado de plagas. In Manejo integrado de plagas, J. Toledo, F. Infante, Primera Edición, Editorial Trillas, México. P 34-44.
  50. Rodríguez C., M. 1985. Efecto en el laboratorio de tres productos utilizados tradicionales para el control de plagas de insectos en granos almacenados. Departamento del Hombre y su Ambiente. México. 23 p.
  51. Rodríguez, D., 1987. Evaluación de polvos vegetales y minerales para el combate del barrenador mayor de los granos *Prostephanus truncatus* (HORN) (Coleoptera:Bostrichidae) en maíz almacenado. Tesis Ingeniero

- Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Veracruzana. Córdoba. Veracruz. México. 69p.
52. Rodríguez, H.C., 2000. Plantas contra plagas: potencial práctico de ajo, anona, nim, chile y tabaco. Texcoco, México: Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México (RAPAM). 133 p.
53. Rodríguez, H, C., López, P, E., 2001. Actividad insecticida e insectistática de la chilca (*Senecio salignus*) sobre *Zabrotes subfasciatus*. Manejo integrado de plagas (Costa Rica) No 59. 19-26 pp.
54. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, SAGARPA, 2009. Boletín ASERCA Regional Peninsular: "El manejo de los granos básicos". Marzo 2009.
55. Salas, L. y Rupel, R.F., 1959. Efectividad de insecticidas aplicados en polvo para controlar las principales plagas del frijol y del maíz almacenados en Colombia. Agricultura Tropical (Colombia), Vol. 15 No 2, p 93-108.
56. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera., DESCRIPCIÓN FRIJOL < [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx) >, Abril 2011.
57. Schoonhoven, A., 1976. Pests of stored beans and their economic importance in Latin America. In: Proc, Symp. Trop. Stored Prod. Entomol. pp 691-698. 15<sup>th</sup>. Int. Congr. Entomol. 824 pp.
58. Schoonhoven, A.V. 1978. Use of vegetable to protect stored beans from bruchid attack. Journal of Economic Entomology. USA. Vol 71 No 2, 254-256.
59. Schoonhoven, A., Cardona, C., 1980. Insects and other bean pest in Latin America. Storage insects. In: Schwartz, F. and Gálvez, G. Bean production problems. 1980. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT. Cali-CO. 424 p.
60. Schoonhoven, A.V. y Dam, W. V. 1982. Control of *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera:Bruchidae) with seed protectant fungicides. Journal of Stored Products Research (Inglaterra) Vol 18, p 143-146.

61. Schoonhoven, A., Cardona, C., García, J.E., 1988. Principales Insectos que Atacan el Grano de Frijol Almacenado y su Control. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT. Cali, CO. 46 p.
62. Serrano, M., Schoonhoven, A., Valor, J., Cardona, C., 1983. Fuentes de resistencia en materiales silvestres de frijol al ataque del gorgojo común de frijol *Acanthoscelides obtectus* (Say). Revista Colombiana de Entomología. Vol 9. No 1, 2, 3 y 4 p. 13-18.
63. Silva, G., Lagunes A., Rodríguez, J.C. y Rodríguez, D., 2002. Insecticidas vegetales; una vieja y nueva alternativa en el manejo de insectos. Revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología 66:4-12.
64. Silva, G., Pizarro, P., Casals, M., Berti. 2003a. Evaluación de plantas medicinales en polvo para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky en maíz almacenado. Revista Brasileira de Agrociencia. 9: 383-388.
65. Silva, G., Lagunes, A., Rodríguez, J., Rodríguez, D. 2003b Evaluación de polvos vegetales solos y en mezcla con carbonato de calcio para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky en maíz almacenado. Ciencia e Investigación Agraria. Vol 30. P 153-160.
66. Silva, G., Hepp, R., Tapia, M., Casals, P., Bustos, G., Osses, F., 2006. Evaluación de Boldo (*Peumus boldus* Molina) y cal para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky. Agrociencia (México) 40: 219-228.
67. Subramanyam, Bh. and R. Roesli. 2000. Inert dusts. pp. 321-380. In: Alternatives to pesticides in stored-product. Subramanyam, Bh. and D. W. Hagstrum. (eds.), IPM. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA.
68. Triste, C.E., 2003. Evaluación de polvos de origen vegetal y mineral para el control de gorgojo de maíz *Sitophilus zeamais* Motsch en maíz almacenado en Texcoco Estado de México. Universidad Autónoma Chapingo; Departamento de Parasitología Agrícola; tesis profesional para el Título de Ing. Agrónomo especialista en parasitología agrícola; Chapingo, México. 8, 9, 21 p.

69. Ulloa, J. A., Rosas-Ulloa, P., Ulloa-Rangel, P., Ulloa-Rangel, B.E., Ramirez, J.C., 2011. El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. Revista Fuente Año 3 No 8. 2011.
70. Valdés, R.S. 2004. Respuestas del insecto Max *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) hacia algunos compuestos atrayentes del henequén. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 20(3): 157-166.
71. Valencia-Cataño, S.J., 2006. Efectos subletales de resistencia antibiótica a inmaduros en la demografía de adultos de los gorgojos de frijol *Acanthoscelides obtectus* (Say) y *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera: Bruchidae). Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia. 6-10 pp.
72. Vélez, A. R., 1997. Plagas Agrícolas de Impacto Económico en Colombia: Bionomía y Manejo Integrado. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, CO. 480 p.
73. White, D.G., Leesch, J.G., 1995. Chemical control. In: Integrated management of insects in stored products. Subramanyan, B., Hagstrum, D.W. Eds. pp 287-293. Marcel Dekker, Inc. N.Y.